



# **UNIVERSIDAD DE CUENCA**

Facultad de Ingeniería

Carrera de Ingeniería Civil

**Análisis de la seguridad y accidentalidad de la Av. de las Américas, en función de las propiedades superficiales**

Trabajo de titulación previo a la  
obtención del título de Ingeniero  
Civil

**Autoras:**

María José Barriga Zhindón  
CI: 0107141061

Jéssica Alexandra Chaca Guamán  
CI: 0104761960

**Director:**

Ing. Daniel Estuardo Mogrovejo Carrasco, PhD  
CI: 0301500476

**Cuenca, Ecuador**

28-octubre-2019



## Resumen:

El principal funcionamiento del pavimento está ligado a la circulación y desplazamiento de vehículos que al brindar propiedades adecuadas aumentará la seguridad y aceptabilidad a los usuarios. La avenida de las Américas es considerada una arteria principal para el flujo vehicular en la ciudad de Cuenca en donde se requiere determinar si las propiedades superficiales del pavimento influyen en la accidentalidad de la vía. Por tal motivo el trabajo de titulación se enfoca en la evaluación de las propiedades superficiales en puntos críticos de la Av. de las Américas, considerada una arteria principal para el flujo vehicular en la ciudad de Cuenca. Se escogieron cinco tramos para la determinación de macrotextura, rugosidad e Índice de la condición del pavimento (PCI), analizando la existencia o no de correlaciones entre estas propiedades y la accidentalidad, planteándose una matriz de tratamientos en función de los resultados. En términos de macrotextura los tramos que incumplieron con normas internacionales de España, México, Argentina, Perú y Brasil son el Parque Jacaranda, Parque Miraflores y la Carlos Vega Arizaga – Francisco Aguilar (Feria Libre), con valores MTD  $< 0.5$  mm. Para las normativas nacionales todos los tramos cumplen con las especificaciones excepto el tramo del Parque jacaranda y la mitad del tramo Carlos Vega Arizaga- Francisco Aguilar (Feria Libre) con MTD  $< 0.3$  mm. Para el caso de la rugosidad, se obtuvieron datos que no cumplían normativas nacionales ni internacionales ya que se tienen valores superiores a 5 m/ km. En cuanto al PCI, se tuvieron calificaciones variables entre “Muy Bueno”, “Bueno”, “Regular” y “Malo”. El cual arrojó una “correlación regular” a diferencia de que con las demás propiedades se tuvo una “ausencia de correlación”. En función de la correlación obtenida entre accidentalidad y PCI se sugirieron para los tramos que tienen un PCI “Regular”, un bacheo, sellado de fisuras o reemplazo de baches deteriorados. Por otro lado, en las zonas con un PCI “Malo” se propone la aplicación de un micropavimento.

**Palabras Claves:** Accidentalidad. Propiedades superficiales. Normativas. Mantenimiento.



## Abstract:

The main pavement function is bonded to the circulation and displacement of the vehicles, which by providing adequate properties will increase the users' acceptability and safety. The Americas Avenue is considered one of the main arteries for the traffic flow in Cuenca city, where is necessary to determine whether the surface properties of the pavement influence the accidentally of the road. That is the reason why this investigation is focused on the evaluation of the surface properties in the critical points of the Americas Avenue, considered one of the principal traffic flow arteries in Cuenca. Five lengths were chosen for the determination of macrotexture, rugosity and PCI (Pavement Condition Index), analyzing the existence or not of correlations between these properties and the accident rate, considering a treatment matrix based on the results. In terms of macrotexture, the sections that failed to comply with international standards in Spain, Mexico, Argentina, Peru, and Brazil, are Jacaranda Park, Miraflores Park and Carlos Vega Arizaga - Francisco Aguilar (Fair Free), with MTD values  $<0.5$  mm. For national regulations, all sections comply with the specifications except the section of the Jacaranda Park and half of the Carlos Vega Arizaga-Francisco Aguilar (Fair Free) section with MTD  $<0.3$  mm. In the case of roughness, data were obtained that did not comply with national or international regulations as they have values greater than 5 m / km. Regarding the PCI, there were variable ratings between "Very Good", "Good", "Regular" and "Bad". Which threw a "regular correlation" unlike that with the other properties there was an "absence of correlation." Depending on the correlation obtained between accident and PCI, they were suggested for the sections that have a "Regular" PCI, a bump, fissure sealing or replacement of damaged potholes. On the other hand, in the areas with a "Bad" PCI the application of a micropavement is proposed.

**Keywords:** Accidentally. Surface properties. Rules. Maintenance



## Contenido

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN.....	19
1.1. Antecedentes .....	19
1.2. Problemática .....	21
1.3. Justificación.....	22
1.4. Objetivos .....	22
1.4.1. Objetivo General.....	22
1.4.2. Objetivos Específicos .....	22
1.5. Alcance .....	23
CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO.....	24
2.1. Pavimento.....	24
2.2. Textura .....	25
2.2.1. Macrotextura .....	28
2.2.2. Importancia de la macrotextura.....	28
2.2.3. Clasificación de la macrotextura .....	28
2.2.4. Sand Patch o Círculo de Arena.....	29
2.2.5. Normativas para macrotextura .....	30
2.3. Rugosidad .....	31
2.3.1. Métodos de medición del IRI.....	33
2.3.2. Roadroid .....	34
2.3.3. Nivelación .....	37
2.3.4. Calibración de Medidores de Rugosidad de Tipo Respuestas (RTRRMS) .....	38
2.3.5. Normativas .....	47
2.4. PCI (Índice De Condición Del Pavimento) .....	47
2.4.1. Fallas en pavimentos.....	50
1.5. Accidentalidad en las vías .....	56
1.5.1. Correlación de las propiedades superficiales con la accidentalidad.....	57
1.5.2. Tiempo de percepción y reacción.....	58
CAPÍTULO 3: MATERIALES Y MÉTODOS .....	59





3.1. Zona de estudio: Av. de las Américas .....	59
3.1.1. Velocidad en la Av. de las Américas .....	60
3.1.2. Accidentalidad de la Av. de las Américas.....	60
3.2. Localización de Puntos Críticos .....	61
3.3. Ensayo de Campo Sand Patch .....	66
3.4. PCI.....	71
3.5. IRI .....	80
3.5.1. IRI mediante Roadroid.....	80
3.5.2. IRI mediante mira y nivel.....	87
3.5.3. Calibración IRI .....	88
3.6. Correlaciones de propiedades superficiales y accidentalidad en Av. de las Américas.	93
CAPÍTULO 4: RESULTADOS Y ANÁLISIS .....	94
4.1. Resultados Macrotextura .....	94
4.2. Resultados de IRI.....	98
4.3. Resultados de PCI. ....	99
4.4. Correlaciones entre las propiedades superficiales y la accidentalidad en Av. de las Américas.....	101
4.5. Propuestas de mejoramiento para tramos críticos de la Av. de las Américas .....	105
CAPÍTULO 5: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	108
5.1. Conclusiones.....	108
5.2. Recomendaciones.....	109
Bibliografía.....	111
Anexos.....	117
Anexo 1. Ábacos para valores deducidos en fallas de pavimento flexible. ....	117
Anexo 2. Ábacos para valores deducidos corregidos de pavimento flexible.....	119
Anexo 3. Formato de inspección en campo para metodología del Índice de condición del pavimento (PCI).....	120
Anexo 4. Resultados de PCI para los diferentes tramos de análisis. ....	121
Anexo 5. Resultados de Rugosidad con mira y nivel para los diferentes tramos de análisis.	161
Anexo 5. Resultados de IRI estimado, calculado y real.....	162



Anexos 6. Resultados de Macrotextura en las diferentes zonas críticas.....	166
--	-----

## Índice de Figuras

<i>Figura 1. Conformación típica de un pavimento flexible (Instituto Mexicano de Transporte, 1998).</i> .....	24
<i>Figura 2. Representación de las características de la textura superficial (ISO 13473-1, 2002).</i> 25	
<i>Figura 3. Categorías estándar de textura (PIARC, 1987).</i> .....	27
<i>Figura 4. Ilustración simplificada de los diversos rangos de textura que existen para una superficie de pavimento dada (Sandburg, 1998).</i> .....	27
<i>Figura 5. Esquema del ensayo San Patch (INV E-791, 2007).</i> .....	30
<i>Figura 6. Respuesta dinámica de un cuarto de carro y el IRI (Instituto Mexicano de Transporte, 1995).</i> .....	32
<i>Figura 7. Escala estándar del IRI (Banco Mundial , 1982).</i> .....	33
<i>Figura 8. Ícono de aplicación Roadroid (Roadroid, 2017).</i> .....	35
<i>Figura 9. Casos posibles de rugosidad- textura (Forslof, 2014).</i> .....	36
<i>Figura 10. Relación lineal (Walpole et al., 2012)</i> .....	39
<i>Figura 11. Datos (x,y) hipotéticos dispersos alrededor de la verdadera recta de regresión para n=5 (Walpole et al., 2012).</i> .....	41
<i>Figura 12. Gráficas de dispersión comunes para algunos valores de r (Canavos, 1988) .</i> .....	44
<i>Figura 13. Grieta longitudinal y transversal de baja severidad (FHWA, 2014)</i> .....	51
<i>Figura 14. Grieta longitudinal y transversal de media severidad (FHWA, 2014)</i> .....	52
<i>Figura 15. Grieta longitudinal y transversal de alta severidad (FHWA, 2014).</i> .....	52
<i>Figura 16. Parches de baja severidad (FHWA, 2014).</i> .....	53
<i>Figura 17 . Parches de media severidad (FHWA, 2014).</i> .....	53
<i>Figura 18. Parches de alta severidad (FHWA, 2014).</i> .....	54
<i>Figura 19. Pulimiento de agregados (FHWA, 2014).</i> .....	54
<i>Figura 20. Meteorización de baja severidad (ASTM D 6433-11, 2007)</i> .....	55
<i>Figura 21 . Meteorización de media severidad (ASTM D 6433-11, 2007).</i> .....	55
<i>Figura 22. Meteorización de alta severidad (ASTM D 6433-11, 2007)</i> .....	56
<i>Figura 23. Ubicación de la Av. De las Américas (Google Maps).</i> .....	59
<i>Figura 24. Mapa de accidentes en la Av. de las Américas Fuente CSCC.</i> .....	61
<i>Figura 25. Mapa de accidentes en la Av. de las Américas luego del filtro de datos.</i> .....	62
<i>Figura 26. Tramo 1- González Suárez y Américas.</i> .....	64
<i>Figura 27. Tramo 2- Parque Jacaranda hasta Obispo Miguel León.</i> .....	64
<i>Figura 28. Tramo 3- Parque Miraflores.</i> .....	65
<i>Figura 29. Tramo 4- Daniel Alvarado hasta Miguel Vèlez.</i> .....	65
<i>Figura 30. Tramo 5- Carlos Vega Arizaga hasta Francisco Aguilar.</i> .....	66



<i>Figura 31. Realización de ensayo Sand Patch.</i>	<i>67</i>
<i>Figura 32. Arena sílice utilizada.</i>	<i>67</i>
<i>Figura 33. Materiales utilizados para el ensayo.</i>	<i>68</i>
<i>Figura 34. Separación entre puntos de ensayo Sand Patch.</i>	<i>70</i>
<i>Figura 35. Realización del ensayo Sand Patch.</i>	<i>70</i>
<i>Figura 36. Determinación de unidades de muestreo.</i>	<i>72</i>
<i>Figura 37. Parche en Tramo- Carlos Vega Arizaga hasta Francisco Aguilar, con severidad media.</i>	<i>73</i>
<i>Figura 38. Fisura Transversal en Tramo- Carlos Vega Arizaga hasta Francisco Aguilar, con severidad media.</i>	<i>74</i>
<i>Figura 39. Fisura Longitudinal en Tramo- Carlos Vega Arizaga hasta Francisco Aguilar, con severidad media.</i>	<i>74</i>
<i>Figura 40. Medición de Fisura Transversal en Tramo- - Carlos Vega Arizaga hasta Francisco Aguilar para cálculo de PCI.</i>	<i>74</i>
<i>Figura 41. Meteorización de agregados en Tramo González Suarez.</i>	<i>75</i>
<i>Figura 42. Valor deducido de Falla Fisuras Longitudinales y Transversales (PCI, 2002).</i>	<i>76</i>
<i>Figura 43. Valor deducido de Falla Parche (PCI, 2002).</i>	<i>77</i>
<i>Figura 44. Valor deducido de Falla Meteorización de Agregados (PCI, 2002).</i>	<i>77</i>
<i>Figura 45. Determinación del Valor Deducido Corregido.</i>	<i>79</i>
<i>Figura 46. Smartphone inteligente “Xiaomi Redmi s2” y sujetador.</i>	<i>81</i>
<i>Figura 47. Vehículo empleado en la medición de IRI.</i>	<i>81</i>
<i>Figura 48. Configuración de vehículo en Roadroid.</i>	<i>82</i>
<i>Figura 49. Ajustes del Smartphone.</i>	<i>83</i>
<i>Figura 50. Subida de datos a la página web.</i>	<i>84</i>
<i>Figura 51. Datos de recorrido subidos en la página web.</i>	<i>85</i>
<i>Figura 52. Detalles de un recorrido.</i>	<i>85</i>
<i>Figura 53. Icono de Aplicación OSM Tracker (OSM Tracker, 2018).</i>	<i>86</i>
<i>Figura 54. Filtrado de datos en Hoja de Cálculo, Tramo Av. González Suárez sentido E-O carril Izquierdo.</i>	<i>87</i>
<i>Figura 55. Algoritmo utilizado para obtener IRI a través de MATLAB (Chávez &amp; Peñarreta, 2019).</i>	<i>89</i>
<i>Figura 56. Valor de IRI obtenido con Matlab en el Tramo- Av. González Suárez E-O Carril Izquierdo Eje Derecho.</i>	<i>90</i>
<i>Figura 57. MTD Profunda.</i>	<i>97</i>
<i>Figura 58. MTD Media.</i>	<i>97</i>
<i>Figura 59. MTD Lisa.</i>	<i>97</i>
<i>Figura 60. Falla# 10. Fisuras Longitudinales y Transversales (ASTM D6433, 2011).</i>	<i>117</i>
<i>Figura 61. Falla #11. Parches y parches de cortes utilitarios (ASTM D6433, 2011).</i>	<i>118</i>
<i>Figura 62. Falla #12. Agregado Pulido (ASTM D6433, 2011).</i>	<i>118</i>
<i>Figura 63. Falla # 19. Meteorización de agregados (ASTM D6433, 2011).</i>	<i>119</i>
<i>Figura 64. Determinación del Valor deducido Corregido (ASTM D6433, 2011).</i>	<i>119</i>



Figura 65. Procedimiento estándar para la inspección del índice de condición del pavimento en caminos y estacionamientos ASTM D6433-03..... 120

## Índice de Tablas

Tabla 1. Clasificación de la macrotextura.....	29
Tabla 2. Normas internacionales para Macrotextura. ....	30
Tabla 3. Control para mediciones de cIRI (Forslof, 2014). ....	35
Tabla 4. Requisitos de precisión para mediciones perfilométricas del IRI Clase 1 y 2 (Sayers, 1986b).....	37
Tabla 5. Transformaciones (Walpole et al., 2012). ....	42
Tabla 6. Clasificación según el grado de correlación (Montgomery y Runger, 2011) ....	45
Tabla 7. Especificaciones internacionales (Instituto Mexicano de Transporte, 1998). ....	47
Tabla 8. Procedimiento de evaluación de la condición del pavimento (NEVI-12, 2013).....	48
Tabla 9. Fallas en los pavimentos.....	50
Tabla 10. Grieta longitudinal y transversal. ....	51
Tabla 11. Parches y parches de cortes utilitarios. ....	53
Tabla 12. Pulimiento de agregados.....	54
Tabla 13: Meteorización de Agregados.....	55
Tabla 14. Correlación de las propiedades superficiales con la accidentalidad vial. ....	57
Tabla 15. Límites máximos y rangos moderados de velocidad vehicular permitidos para vías urbanas (EMOV-EP) .....	60
Tabla 16. Número de accidentes.....	60
Tabla 17. Causas de accidentalidad en la Av. de las Américas.....	62
Tabla 18. Tramos de mayor accidentalidad en la Av. de las Américas.....	63
Tabla 19. Tramos sin accidentalidad en la Av. de las Américas. ....	63
Tabla 20. Distancia previa a accidente de tránsito por tiempo de percepción y reacción. ....	66
Tabla 21. Diámetros obtenidos con el Ensayo Sand Patch. Tramo González Suárez y Américas, sentido E-O.....	71
Tabla 22. Cálculo de macrotextura. Tramo González Suárez y Américas, sentido E-O. ....	71
Tabla 23. Inventario de fallas en el Tramo González Suárez E-O carril Izquierdo. ....	75
Tabla 24. Valores deducidos de fallas existentes en el Tramo González Suárez E-O.....	78
Tabla 25. Valores deducidos corregidos para el Tramo González Suárez E-O carril Izquierdo. ....	80
Tabla 26. PCI Tramo González Suárez E-O carril Izquierdo. ....	80
Tabla 27. IRI mira nivel Tramo Av. González Suárez sentido E-O. ....	90
Tabla 28. Valores de IRI para calibración.....	91
Tabla 29. Verificación de resultados de Macrotextura en puntos críticos de Av. de las Américas. (Carriles Izquierdos) con Normativas. ....	94
Tabla 30. Verificación de resultados de Macrotextura en puntos críticos de Av. de las Américas (Carriles Derechos) con Normativas. ....	95
Tabla 31. Resultados de Macrotextura en tramos sin accidentalidad del carril Izquierdo. ....	96



Tabla 32. Resultados de Macrotextura en tramos sin accidentalidad del carril Derecho. ....	96
Tabla 33. Clasificación de macrotextura en tramos críticos de la Av. de las Américas .....	97
Tabla 34. Resultados de IRI en puntos críticos de Av. de las Américas. ....	98
Tabla 35. Resultados de Rugosidad en tramos sin accidentalidad.....	99
Tabla 36. Resultados de PCI en puntos críticos de Av. de las Américas.....	99
Tabla 37. Resultado de PCI en tramos sin accidentalidad. ....	100
Tabla 38. Valores para la correlación Accidentalidad con propiedades superficiales. ....	102
Tabla 39. Aplicación de diferentes tratamientos de acuerdo al volumen y tipo de tráfico (MOP-001-F, 2002) .....	106
Tabla 40. Matriz de PCI y mantenimiento.....	107
Tabla 41. Hoja de Registro del tramo de la Av. González Suárez, sentido EO, carril izquierdo. ....	121
Tabla 42. Cálculo del PCI de la Av. González Suárez, sentido EO, carril izquierdo. ....	121
Tabla 43. Hoja de Registro del tramo de la Av. González Suárez, sentido EO, carril centro. ..	122
Tabla 44. Cálculo del PCI de la Av. González Suárez, sentido EO, carril centro. ....	122
Tabla 45. Hoja de Registro del tramo de la Av. González Suárez, sentido EO, carril Derecho. ....	123
Tabla 46. Cálculo del PCI de la Av. González Suárez, sentido EO, carril derecho. ....	123
Tabla 47. Hoja de Registro del tramo de la Av. González Suárez, sentido OE, carril izquierdo. ....	124
Tabla 48. Cálculo del PCI de la Av. González Suárez, sentido OE, carril izquierdo. ....	124
Tabla 49. Hoja de Registro del tramo de la Av. González Suárez, sentido OE, carril centro. ..	125
Tabla 50. Cálculo del PCI de la Av. González Suárez, sentido OE, carril centro. ....	125
Tabla 51. Hoja de Registro del tramo de la Av. González Suárez, sentido OE, carril derecho. ....	126
Tabla 52. Cálculo del PCI de la Av. González Suárez, sentido OE, carril derecho. ....	126
Tabla 53. Hoja de Registro del tramo parque Jacaranda, sección 1, carril izquierdo.....	127
Tabla 54. Cálculo del PCI del tramo parque Jacaranda, sección 1, carril izquierdo.....	127
Tabla 55. Hoja de Registro del tramo parque Jacaranda, sección 1, carril centro. ....	128
Tabla 56. Cálculo del PCI del tramo parque Jacaranda, sección 1, carril centro. ....	128
Tabla 57. Hoja de Registro del tramo parque Jacaranda, sección 1, carril derecho. ....	129
Tabla 58. Cálculo del PCI del tramo parque Jacaranda, sección 1, carril derecho. ....	129
Tabla 59. Hoja de Registro del tramo parque Jacaranda, sección 2, carril izquierdo.....	130
Tabla 60. Cálculo del PCI del tramo parque Jacaranda, sección 2, carril izquierdo.....	130
Tabla 61. Hoja de Registro del tramo parque Jacaranda, sección 2, carril centro. ....	131
Tabla 62. Cálculo del PCI del tramo parque Jacaranda, sección 2, carril centro. ....	131
Tabla 63. Hoja de Registro del tramo parque Jacaranda, sección 2, carril izquierdo.....	132
Tabla 64. Cálculo del PCI del tramo parque Jacaranda, sección 2, carril derecho. ....	132
Tabla 65. Hoja de Registro del tramo parque Jacaranda, sección 1, carril izquierdo.....	133
Tabla 66. Cálculo del PCI del tramo parque Jacaranda, sección 1, carril izquierdo.....	133
Tabla 67. Hoja de Registro del tramo parque Jacaranda, sección 1, carril izquierdo.....	134
Tabla 68. Cálculo del PCI del tramo parque Jacaranda, sección 1, carril izquierdo.....	134





Tabla 69. Hoja de Registro del tramo parque Jacaranda, sección 2, carril derecho. ....	135
Tabla 70. Cálculo del PCI del tramo parque Jacaranda, sección 2, carril derecho. ....	135
Tabla 71. Hoja de Registro del tramo parque Miraflores, sección 1, carril izquierdo.....	136
Tabla 72. Cálculo del PCI del tramo parque Miraflores, sección 1, carril izquierdo.....	136
Tabla 73. Hoja de Registro del tramo parque Miraflores, sección 1, carril centro. ....	137
Tabla 74. Cálculo del PCI del tramo parque Miraflores, sección 1, carril iz. ....	137
Tabla 75. Hoja de Registro del tramo parque Miraflores, sección 1, carril derecho. ....	138
Tabla 76. Cálculo del PCI del tramo parque Miraflores, sección 1, carril derecho. ....	138
Tabla 77. Hoja de Registro del tramo parque Miraflores, sección 2, carril centro. ....	139
Tabla 78. Cálculo del PCI del tramo parque Miraflores, sección 2, carril centro. ....	139
Tabla 79. Hoja de Registro del tramo parque Miraflores, sección 2, carril derecho. ....	140
Tabla 80. Cálculo del PCI del tramo parque Miraflores, sección 2, carril derecho. ....	140
Tabla 81. Hoja de Registro del tramo parque Miraflores, sección 3, carril izquierdo.....	141
Tabla 82. Cálculo del PCI del tramo parque Miraflores, sección 3, carril izquierdo.....	141
Tabla 83. Hoja de Registro del tramo parque Miraflores, sección 3, carril centro. ....	142
Tabla 84. Cálculo del PCI del tramo parque Miraflores, sección 3, carril centro. ....	142
Tabla 85. Hoja de Registro del tramo parque Miraflores, sección 3, carril derecho. ....	143
Tabla 86. Cálculo del PCI del tramo parque Miraflores, sección 3, carril derecho. ....	143
Tabla 87. Hoja de Registro del tramo Daniel Alvarado – Miguel Vélez (Bomberos), sección 1, carril izquierdo.....	144
Tabla 88. Cálculo del PCI del tramo Daniel Alvarado – Miguel Vélez (Bomberos), sección 1, carril izquierdo.....	144
Tabla 89. Hoja de Registro del tramo Daniel Alvarado – Miguel Vélez (Bomberos), sección 1, carril centro. ....	145
Tabla 90. Cálculo del PCI del tramo Daniel Alvarado – Miguel Vélez (Bomberos), sección 1, carril centro. ....	145
Tabla 91. Hoja de Registro del tramo Daniel Alvarado – Miguel Vélez (Bomberos), sección 1, carril derecho. ....	146
Tabla 92. Cálculo del PCI del tramo Daniel Alvarado – Miguel Vélez (Bomberos), sección 1, carril derecho. ....	146
Tabla 93. Hoja de Registro del tramo Daniel Alvarado – Miguel Vélez (Bomberos), sección 2, carril izquierdo.....	147
Tabla 94. Cálculo del PCI del tramo Daniel Alvarado – Miguel Vélez (Bomberos), sección 2, carril izquierdo.....	147
Tabla 95. Hoja de Registro del tramo Daniel Alvarado – Miguel Vélez (Bomberos), sección 2, carril centro. ....	148
Tabla 96. Cálculo del PCI del tramo Daniel Alvarado – Miguel Vélez (Bomberos), sección 2, carril centro. ....	148
Tabla 97. Hoja de Registro del tramo Daniel Alvarado – Miguel Vélez (Bomberos), sección 2, carril derecho. ....	149



<i>Tabla 98. Cálculo del PCI del tramo Daniel Alvarado – Miguel Vélez (Bomberos), sección 2, carril derecho.</i>	<i>149</i>
<i>Tabla 99. Hoja de Registro del tramo Daniel Alvarado – Miguel Vélez (Bomberos), sección 3, carril izquierdo.</i>	<i>150</i>
<i>Tabla 100. Cálculo del PCI del tramo Daniel Alvarado – Miguel Vélez (Bomberos), sección 3, carril izquierdo.</i>	<i>150</i>
<i>Tabla 101. Hoja de Registro del tramo Daniel Alvarado – Miguel Vélez (Bomberos), sección 3, carril centro.</i>	<i>151</i>
<i>Tabla 102. Cálculo del PCI del tramo Daniel Alvarado – Miguel Vélez (Bomberos), sección 3, carril centro.</i>	<i>151</i>
<i>Tabla 103. Hoja de Registro del tramo Daniel Alvarado – Miguel Vélez (Bomberos), sección 3, carril derecho.</i>	<i>152</i>
<i>Tabla 104. Cálculo del PCI del tramo Daniel Alvarado – Miguel Vélez (Bomberos), sección 3, carril derecho.</i>	<i>152</i>
<i>Tabla 105. Hoja de Registro del tramo Carlos Vega Arízaga – Francisco Aguilar (Feria Libre), sección 1, carril izquierdo.</i>	<i>153</i>
<i>Tabla 106. Cálculo del PCI del tramo Carlos Vega Arízaga – Francisco Aguilar (Feria Libre), sección 1, carril izquierdo.</i>	<i>153</i>
<i>Tabla 107. Hoja de Registro del tramo Carlos Vega Arízaga – Francisco Aguilar (Feria Libre), sección 1, carril derecho.</i>	<i>153</i>
<i>Tabla 108. Cálculo del PCI del tramo Carlos Vega Arízaga – Francisco Aguilar (Feria Libre), sección 1, carril derecho.</i>	<i>154</i>
<i>Tabla 109. Hoja de Registro del tramo Carlos Vega Arízaga – Francisco Aguilar (Feria Libre), sección 2, carril izquierdo.</i>	<i>155</i>
<i>Tabla 110. Cálculo del PCI del tramo Carlos Vega Arízaga – Francisco Aguilar (Feria Libre), sección 2, carril izquierdo.</i>	<i>155</i>
<i>Tabla 111. Hoja de Registro del tramo Carlos Vega Arízaga – Francisco Aguilar (Feria Libre), sección 2, carril derecho.</i>	<i>156</i>
<i>Tabla 112. Cálculo del PCI del tramo Carlos Vega Arízaga – Francisco Aguilar (Feria Libre), sección 2, carril derecho.</i>	<i>156</i>
<i>Tabla 113. Hoja de Registro del tramo Carlos Vega Arízaga – Francisco Aguilar (Feria Libre), sección 3, carril izquierdo.</i>	<i>157</i>
<i>Tabla 114. Cálculo del PCI del tramo Carlos Vega Arízaga – Francisco Aguilar (Feria Libre), sección 3, carril izquierdo.</i>	<i>157</i>
<i>Tabla 115. Hoja de Registro del tramo Carlos Vega Arízaga – Francisco Aguilar (Feria Libre), sección 3, carril derecho.</i>	<i>158</i>
<i>Tabla 116. Cálculo del PCI del tramo Carlos Vega Arízaga – Francisco Aguilar (Feria Libre), sección 3, carril derecho.</i>	<i>158</i>
<i>Tabla 117. Hoja de Registro del tramo Carlos Vega Arízaga – Francisco Aguilar (Feria Libre), sección 4, carril izquierdo.</i>	<i>159</i>



<i>Tabla 118. Cálculo del PCI del tramo Carlos Vega Arízaga – Francisco Aguilar (Feria Libre), sección 4, carril izquierdo.....</i>	<i>159</i>
<i>Tabla 119. Hoja de Registro del tramo Carlos Vega Arízaga – Francisco Aguilar (Feria Libre), sección 4, carril derecho .....</i>	<i>160</i>
<i>Tabla 120. Cálculo del PCI del tramo Carlos Vega Arízaga – Francisco Aguilar (Feria Libre), sección 4, carril derecho .....</i>	<i>160</i>
<i>Tabla 121. IRI mira y nivel de Av. González Suárez. ....</i>	<i>161</i>
<i>Tabla 122. IRI mira y nivel de Parque Miraflores.....</i>	<i>161</i>
<i>Tabla 123. IRI mira y nivel de Daniel Alvarado – Miguel Vélez (Bomberos). ....</i>	<i>161</i>
<i>Tabla 124. IRI mira y nivel de Carlos Vega Arízaga – Francisco Aguilar (Feria Libre).....</i>	<i>162</i>
<i>Tabla 125. Resultados de IRI de Av. González Suárez.....</i>	<i>162</i>
<i>Tabla 126. Resultados de IRI de Parque Jacaranda.....</i>	<i>163</i>
<i>Tabla 127. Resultados de IRI de Parque Miraflores.....</i>	<i>164</i>
<i>Tabla 128. Resultados de IRI de Daniel Alvarado – Miguel Vélez (Bomberos).....</i>	<i>165</i>
<i>Tabla 129. Resultados de IRI de Carlos Vega Arízaga – Francisco Aguilar (Feria Libre). ....</i>	<i>166</i>
<i>Tabla 130. Macrotextura de González Suárez. ....</i>	<i>166</i>
<i>Tabla 131. Macrotextura de Parque Jacaranda.....</i>	<i>167</i>
<i>Tabla 132. Macrotextura de Parque Miraflores.....</i>	<i>167</i>
<i>Tabla 133. Macrotextura de Daniel Alvarado – Miguel Vélez (Bomberos). ....</i>	<i>167</i>
<i>Tabla 134. Macrotextura de Carlos Vega Arízaga – Francisco Aguilar (Feria Libre). ....</i>	<i>168</i>

## Índice de Gráficas

<i>Gráfica 1. Calibración con IRI estimado.....</i>	<i>92</i>
<i>Gráfica 2. Calibración con IRI calculado.....</i>	<i>92</i>
<i>Gráfica 3. Correlación de IRI con accidentalidad.....</i>	<i>103</i>
<i>Gráfica 4. Correlación de MTD con accidentalidad. ....</i>	<i>104</i>
<i>Gráfica 5. Correlación de PCI con accidentalidad. ....</i>	<i>105</i>





Universidad de Cuenca

### Cláusula de Propiedad Intelectual

María José Barriga Zhindón, autor/a de la tesis "Análisis de la seguridad y accidentalidad de la Av. de las Américas, en función de las propiedades superficiales", certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor/a.

Cuenca, 28 de octubre del 2019

María José Barriga Zhindón

C.I: 0107141061



### Cláusula de Propiedad Intelectual

Jessica Alexandra Chaca Guamán, autor/a de la tesis "Análisis de la seguridad y accidentalidad de la Av. de las Américas, en función de las propiedades superficiales", certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor/a.

Cuenca, 28 de octubre del 2019

Jessica Chaca

Jessica Alexandra Chaca Guamán

C.I: 0104761960



**Cláusula de licencia y autorización para publicación en el Repositorio  
Institucional**

***María José Barriga Zhindón***, autor/a de la tesis “Análisis de la seguridad y accidentalidad de la Av. de las Américas, en función de las propiedades superficiales”, reconozco y acepto el derecho de la Universidad de Cuenca, en base al Art. 5 literal c) de su Reglamento de Propiedad Intelectual, de publicar este trabajo por cualquier medio conocido o por conocer, al ser este requisito para la obtención de mi título de Ingeniero Civil. El uso que la Universidad de Cuenca hiciere de este trabajo, no implicará afección alguna de mis derechos morales o patrimoniales como autor/a

Cuenca, 28 de octubre del 2019

**María José Barriga Zhindón**

**C.I: 0107141061**



**Cláusula de licencia y autorización para publicación en el Repositorio  
Institucional**

*Jessica Alexandra Chaca Guamán*, autor/a de la tesis "Análisis de la seguridad y accidentalidad de la Av. de las Américas, en función de las propiedades superficiales", reconozco y acepto el derecho de la Universidad de Cuenca, en base al Art. 5 literal c) de su Reglamento de Propiedad Intelectual, de publicar este trabajo por cualquier medio conocido o por conocer, al ser este requisito para la obtención de mi título de Ingeniero Civil. El uso que la Universidad de Cuenca hiciere de este trabajo, no implicará afección alguna de mis derechos morales o patrimoniales como autor/a

Cuenca, 28 de octubre del 2019

Jessica Alexandra Chaca Guamán

C.I: 0104761960



## **Agradecimientos.**

Un agradecimiento profundo a Dios y a la Virgen, quienes me hacen despertar cada día y durante toda mi vida me han dado la fe y la fuerza para dar a cabo cada uno de mis planes. Sin ellos nada en mi mundo sería posible. A mis padres, Bolívar y Mónica que a pesar de las adversidades han estado en cada logro y sacrificio ayudándome a salir adelante. A mi hermana Vanessa, quien me ha dado el mejor ejemplo de lucha y el mejor regalo, mi sobrino Joaquín, que con su alegría y ocurrencias han hecho de este camino un recorrido más alegre y divertido. A Juan José, por ser una de las personas más especiales en mi vida, por su apoyo, compañía y sobre todo el amor en los mejores y peores momentos.

A mi compañera de trabajo Jéssica (Yeye) a quien considero más que una amiga, por los momentos vividos y las experiencias inolvidables, a toda su familia por su paciencia y consideraciones.

A toda mi familia: abuelita, tíos, tías, primos, primas, quienes de alguna forma han hecho posible este sueño.

Al director de este trabajo por su compromiso y apoyo desde siempre Ing. Daniel Mogrovejo, que con sus conocimientos ha sido punto clave para dar a cabo y culminar este proyecto.

Gracias a todos.

María José

Agradezco a Dios, por la vida, sus bendiciones y la fuerza para poder culminar satisfactoriamente esta etapa de mi vida. A mi madre por ser mi amiga incondicional la cual me ayudado a siempre lograr mis sueños, gracias a todos tus consejos y apoyo el día de hoy puedo culminar mis estudios, espero que nunca me faltes. Al que fue mi inspiración para haber tomado el maravilloso camino de la ingeniería civil, a mi padre espero algún día ser como tú, tanto en la vida profesional como en lo personal. A mi hermano por ser la mejor compañía que me pudieron haber dado mis padres ya que siempre has estado ahí cuando te necesito. A mi abuelita Piedad y mi tía Katty gracias a sus palabras de aliento y preocupación hicieron que siga adelante y no me rindiera. A mi compañera de tesis María José, por el esfuerzo para llevar a cabo este trabajo de titulación y por ser más que una compañera ser una amiga incondicional. Al igual que su familia por todo el apoyo dado para este trabajo. Al Ing. Daniel Mogrovejo por su conocimiento, consejos y apoyo para el desarrollo de este trabajo de titulación. A mis amigos por tantas risas y palabras de aliento cuando lo necesitaba. A todos quienes estuvieron de alguna manera en este hermoso camino gracias totales.

Jéssica



## Dedicatorias

A mi madre Mónica, que es mi ejemplo a seguir por su valentía y apoyo constante en cualquier circunstancia de mi vida, sin duda ella ha sido el pilar fundamental para no abandonar mi objetivo y querer siempre dar lo mejor de mí. Espero algún día poder devolver todo lo que ella ha dado por mí.

María José

A mis padres por todo el esfuerzo, confianza y amor que siempre me han brindado, ya que este es un logro más de ustedes que mío. Y al ser más maravilloso que en algún momento estuvo conmigo mi abuelito pepe (+), porque desde niña me enseñaste a ser una persona fuerte, perseverante y que logre mis sueños, me encantaría haber compartido este logro contigo.

Jéssica



## CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN

### 1.1. Antecedentes

De acuerdo a datos estadísticos dados por la Organización Mundial de la Salud (OMS), cada año fallecen aproximadamente 1.25 millones de personas como consecuencia de los accidentes de tránsito a nivel mundial (OMS, 2006). Por otro lado, según las estimaciones del informe sobre la situación mundial en seguridad vial de la OMS publicado en el año 2015, Ecuador ocupa el séptimo lugar en Latinoamérica en tasa de fallecimientos por accidentes de tránsito y el décimo tercer lugar a nivel global en comparación con los países de ingresos similares (OMS, 2015). Según la Agencia Nacional de Tránsito (ANT), la provincia del Azuay está considerada como la tercera ciudad con más siniestros en tránsito (ANT).

Según el libro “Ingeniería de Tránsito y Carreteras” de Garger y Hoel, indican que los cuatro factores principales que generan un accidente de tránsito son: el conductor como principal causante de los siniestros, debido a la falta de atención, violación del reglamento de tránsito, exceso de velocidad, cansancio, manejar en estado etílico, uso de teléfono u otro tipo de distracciones. El vehículo debido a sus fallas eléctricas, llantas lisas, frenos defectuosos u otras condiciones mecánicas que contribuyen al aumento de accidentes en las vías. El camino en sí, que depende de su diseño geométrico y también de las propiedades superficiales del pavimento; cumpliendo un gran papel para la disminución de siniestros afectando la interacción neumático-pavimento. Y, por último, el medio ambiente físico y climático, ya que un estado de tiempo desfavorable puede aumentar el índice de accidentalidad, debido a un pavimento mojado o la falta de visibilidad producido por la niebla (Garger & Hoel, 2002).

En vista de que el camino podría influir en el origen de los accidentes de tránsito, Amoroso y Quishpe realizaron un diagnóstico en una de las avenidas más transitadas de la ciudad de Cuenca Av. de las Américas, en donde se recogía la información de los accidentes de tránsito y proponía mejoras de la seguridad vial centrándose en factores de diseño geométrico. Sin embargo, hasta el momento se desconoce que el pavimento en esta avenida haya sido evaluado en términos de sus propiedades superficiales tales como macrotextura, rugosidad e Índice de condición del pavimento, por ello el interés en llevar a cabo esta investigación (Amoroso & Quishpe, 2018).

La Asociación Internacional permanente de Carreteras (PIARC), por sus siglas en inglés, al ver la importancia de la relación textura con la capacidad de adherencia entre los neumáticos y el



pavimento ha establecido una clasificación de las características superficiales del pavimento en función de las longitudes de onda y las amplitudes de las irregularidades existentes. Debido a la influencia de esta propiedad se han realizado investigaciones que analizan la relación de la textura con los accidentes de tránsito. Pérez en su “Estudio de las influencias de las características superficiales de los firmes en la seguridad vial”, determinó que cuando se tienen macrotexturas rugosas se produce un menor número de accidentes (Pérez, s.f). Por otro lado, Solminihac y Echaveguren indican que existe una relación exponencial entre la incidencia de accidentes y valores bajos a la resistencia al deslizamiento que están relacionadas con la macrotextura (Solminihac & Echaveguren, 2005).

Costa señala en su evaluación de “La seguridad vial en la carretera”, que una parte de la carretera que genera gran influencia en la seguridad vial, enfocándose en la disminución en el índice de accidentes en base a las propiedades superficiales proponiendo tratamientos para mejorar la macrotextura de la vía (Costa, 2005). Además, Gallo y Castillo afirman que las vías en donde se ha suscitado un mayor número de accidentes cuentan con un mal estado en la capa de rodadura (Galo & Castillo, 2018).

Para la determinación de macrotextura el ensayo Sand Patch (ASTM E965), ofrece datos certeros y cuyos fundamentos por ser un método volumétrico, en comparación con otros ensayos presenta un mayor grado de precisión. En la “*Evaluación de la variabilidad de la medición de macrotextura con diferentes dispositivos láser*”, en donde concluye que los valores de Profundidad Media del Perfil (MPD) utilizados para estimar la macrotextura de los pavimentos presentan una gran variabilidad. Por lo tanto, los resultados de macrotextura por medio de los diferentes dispositivos láser como el Medidor de Textura Circular (CTM) o Dispositivo láser de velocidad (HSLD) pueden verse afectados. Proponiendo para futuros estudios realizar un filtrado de datos para eliminar perfiles de ruido no deseado y lecturas de sensores inválidas, además de una evaluación basada en un proceso de seccionamiento para estimar directamente valores volumétricos de macrotextura con perfiles 2D. Finalmente, se puede notar que el método volumétrico será el ensayo más confiable por términos de precisión ya que este se deriva de una superficie tridimensional en lugar de un perfil bidimensional que se genera con un MPD (D’Apuzzo et al., 2015).

La rugosidad tuvo inicio con la investigación realizada por National Cooperative Highway Research Program (NCHRP), posteriormente fueron establecidos índices internacionales de esta propiedad por el Banco Mundial. Sayers, presenta varios equipos para la medición del Índice de Rugosidad Internacional (IRI), que están clasificados por clases que indican el grado de precisión y su calibración (Sayers, 1986b). Bisconsini, muestra la eficiencia del uso del Smartphone por la facilidad de operación y el bajo costo, para la evaluación funcional de pavimentos centrándose en la determinación de las irregularidades (Bisconsini, 2016).





La aplicación de Smartphone “Roadroid”, es considerada como una de las tecnologías más prometedoras para la recolección de datos de pavimentos, puesto que al trabajar con Smartphones inteligentes se incorporan: capacidades del sistema de posicionamiento global (GPS), acelerómetro, giroscopio, conectividad Bluetooth, capacidad de transferencia, recopilación y almacenamiento de datos, además de capacidades de captura de video y fotos y procesamiento de computadora. Actualmente se ha reconocido su potencial para su uso en la recolección de datos en apoyo de la gestión de pavimentos (Gutiérrez, 2018).

Ha sido utilizada en temas de tesis como “Medición y comparación de la rugosidad en pavimentos de la ciudad de Huánuco: mediante Smartphone y un método tradicional” y “Aplicación de teléfonos inteligentes para determinar la rugosidad de pavimentos urbanos en Lima” en la Universidad Católica del Perú, mismos que han dado resultados eficientes para los temas de investigación. Asimismo, en la ciudad de Cuenca se empleó esta aplicación para la medición de la rugosidad en la Av. Loja llegando a determinar que la avenida en estudio presenta un alto nivel de deterioro (Chávez & Peñarreta, 2019).

Para la evaluación del Índice de condición del pavimento (PCI) (ASTM D6433), es el método más eficiente, completo y práctico. Además, que no requiere de herramientas especializadas para su ejecución. Por lo que ha sido utilizado en temas investigativos y de gestión vial. El Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTOP) utilizan esta metodología para plantear rehabilitaciones según la severidad o calificación que brinde este índice. Garcés, evaluó el estado de la vía Azogues- Cojitambo- Déleg- La raya que presentó un alto nivel de deterioro (Garcés, 2017). Por otro lado, Puga, realizó el análisis funcional de la Av. Loja identificando y cuantificando sus deterioros para una posterior toma de decisiones en cuanto a mantenimientos (Puga, 2018). Y Robles, señala que el PCI aporta información para llegar a una elección adecuada de las técnicas de mantenimiento y rehabilitación lo que ayudará a extender la vida útil del pavimento, lo que lleva a un ahorro futuro (Robles, 2015).

## 1.2. Problemática

La avenida de las Américas es uno de los principales corredores viales urbanos en la ciudad de Cuenca, con una extensión de aproximadamente doce kilómetros, diseñada hace unos 38 años. Actualmente, esta avenida presenta un deterioro de la capa de rodadura como fisuras longitudinales/ transversales, parches, pulimiento de agregados, entre otros, a causa del tráfico que circula, además de una falta de mantenimiento periódico. Por ello, se requiere determinar si las propiedades superficiales influyen en la accidentalidad de la Av. de las Américas.



### 1.3. Justificación

En la provincia del Azuay no se tiene un control rutinario de las propiedades superficiales del pavimento. De ahí que es importante realizar este análisis que involucran a ciertas propiedades para encontrar si existe una relación con el origen de los accidentes de tránsito por falta o por incumplimiento de las mismas puesto que se tienen las herramientas y teoría adecuadas.

Para este fin, se emplearán ciertos ensayos tales como: Sand Patch para la medición de macrotextura, el PCI, además de utilizar la aplicación Roadroid para obtener la rugosidad de los diferentes tramos, posteriormente se compararán los resultados obtenidos con normativas nacionales e internacionales, para finalmente proponer medidas de mantenimiento y rehabilitación para el estado actual de la vía.

### 1.4. Objetivos

#### 1.4.1. Objetivo General

El objetivo principal de esta investigación, es la evaluación funcional de la avenida de las Américas ubicando puntos críticos, en donde se produce un mayor número de accidentes vehiculares.

La evaluación funcional contará con el análisis de las propiedades superficiales del pavimento, para proponer soluciones que ayuden a mejorar la seguridad de los usuarios.

#### 1.4.2. Objetivos Específicos

- Determinar los puntos críticos con mayor índice de accidentalidad ocurridos en la avenida de las Américas, en donde se realizarán las mediciones de propiedades superficiales descritas a continuación.
- Medir la macrotextura mediante el ensayo de “Sand Patch” siguiendo la norma ASTM E965, el cual consta de un volumen conocido de arena, cubriendo un área sobre el pavimento para proceder al cálculo de su profundidad.
- Determinar la rugosidad superficial, mediante mediciones de IRI bajo la norma ASTM E1364 con el uso de la aplicación en Smartphone “Roadroid”.



- Aplicar el método PCI para evaluar el deterioro funcional de las zonas críticas de la vía en estudio bajo la norma ASTM D6433.
- Analizar los resultados y verificar el cumplimiento de las normativas viales de seguridad ecuatorianas e internacionales.
- Determinar si existe o no correlaciones entre las propiedades superficiales y las tasas de accidentalidad.
- Proponer soluciones de tratamientos, para las zonas críticas con el objetivo de mitigar los accidentes en los puntos analizados.

### 1.5. Alcance

Para iniciar con el análisis del presente trabajo, se seleccionó un total de cinco tramos críticos con la mayor densidad de accidentes, además de dos tramos sin accidentalidad para un posterior análisis. Previo a los ensayos, se consideró una distancia antes del accidente con el criterio de tiempo de reacción, dando como resultado cincuenta metros.

Para el caso de la macrotextura se obtuvieron datos tanto del carril izquierdo como derecho, sin considerar el carril central por temas de seguridad. Realizando el ensayo en el paso de las llantas de cada eje y observando la homogeneidad en el pavimento. Teniendo finalmente setenta y dos datos de MTD.

En la rugosidad la aplicación Roadroid requería únicamente una configuración previa y mantener el Smartphone estable. La cantidad de datos obtenida fue extensa ya que se realizaron tres pasadas en el mismo carril para el procesamiento de datos y calibración de los mismos.

Para el PCI, las fallas más representativas encontradas fueron: fisuras transversales y longitudinales, parches de severidad media, determinadas para el carril derecho, izquierdo y centro de cada tramo crítico, con un total de cuarenta índices.

Con los resultados de las propiedades superficiales: macrotextura, rugosidad y PCI se realizaron las correlaciones con los números de accidentes ocurridos en cada tramo para analizar la posible influencia de las propiedades en los accidentes.

Además, se realizó una comparación de los resultados con normativas nacionales e internacionales para verificar el cumplimiento o no de ciertas especificaciones técnicas y así plantear mejoras o alternativas de rehabilitación.

## CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO

### 2.1. Pavimento

El pavimento está compuesto por un conjunto de capas superpuestas, de manera horizontal, diseñadas y construidas técnicamente con materiales apropiados y adecuadamente compactados (Fonseca, 1997)

*Pavimento flexible:* Pavimento formado por carpeta asfáltica o bituminosa apoyada generalmente sobre dos capas no rígidas base, subbase, como se muestra en la *Figura 1*. Sin embargo, puede prescindirse de las últimas capas dependiendo las necesidades de cada obra (Fonseca, 1997)

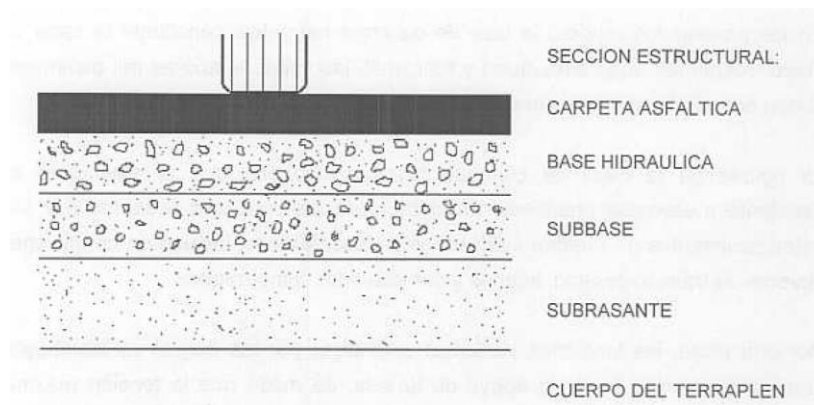


Figura 1. Conformación típica de un pavimento flexible (Instituto Mexicano de Transporte, 1998).

Los principales parámetros que un pavimento debe cumplir durante su periodo de diseño son los siguientes (Castillo & Rodríguez, 1998).

- Parámetro Estructural, se refiere a la capacidad del pavimento de transferir las cargas producidas por el número de vehículos transitados.
- Económico, representa el costo total del pavimento durante el ciclo de vida, incluyendo rehabilitación a un periodo determinado en el diseño.
- Funcional, este es el principal propósito de una estructura de pavimento ya que proporcionará una superficie de rodamiento uniforme en cuanto a su color y textura, permitiendo un viaje seguro y confortable de los vehículos, a velocidades operacionales

como también a diferentes condiciones climáticas. Además de contar con una regularidad superficial tanto longitudinal como transversal (rugosidad).

## 2.2. Textura

La textura del pavimento está definida como las desviaciones de la superficie del pavimento a partir de una verdadera superficie plana (PIARC, 1987).

En la *Figura 2* se muestra la representación de las características de la textura superficial. La longitud de onda de la textura mostrada, está definida como la distancia mínima entre partes repetidas periódicamente de la curva en su dirección a lo largo del plano de superficie (ISO 13473-1, 2002).

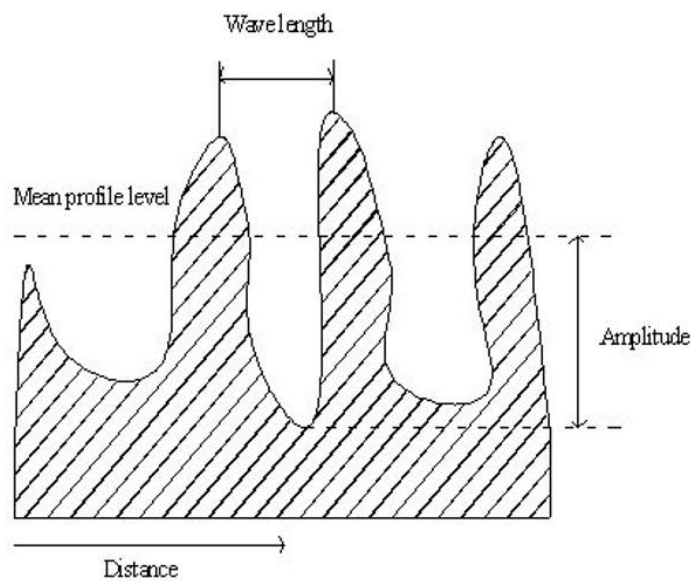


Figura 2. Representación de las características de la textura superficial (ISO 13473-1, 2002).

Según PIARC, han clasificado a la textura en las siguientes categorías en función de su longitud ( $\lambda$ ) y amplitud de onda ( $A$ ).



- **Microtextura** ( $\lambda < 0.5\text{mm}$ ;  $A < 0.5\text{mm}$ )

Esta textura depende de las pequeñas irregularidades en las partículas del agregado que se presentan en la mezcla asfáltica, siendo imposible su visibilidad ante el ojo humano. El apropiado nivel de fricción del pavimento en seco o mojado depende de una buena microtextura con una velocidad menor a 80 km/h.

- **Macrotextura** ( $0.5\text{mm} < \lambda < 50\text{mm}$ ;  $0.01\text{mm} < A < 20\text{mm}$ )

La macrotextura de la superficie del pavimento es un factor que influye de manera significativa en la fricción entre rueda y pavimento, en la emisión de ruido de la interfaz rueda-pavimento y en la pulverización de agua del tráfico en pavimentos húmedos.

- **Megatextura** ( $50\text{mm} < \lambda < 500\text{mm}$ ;  $0.1\text{mm} < A < 50\text{mm}$ )

Producida por pequeños defectos causados al momento de la construcción, causando vibraciones y brindando una baja calidad de circulación, provocando un desgaste al sistema de suspensión del vehículo.

En la *Figura 3* se muestra la categorización de la textura según PIARC, donde se tiene la longitud de onda ya sea para microtextura, macrotextura, megatextura y rugosidad. Además de indicar la influencia de las mismas en las características de la superficie del pavimento. De igual manera, en la *Figura 4* se muestra un esquema de los rangos de textura.

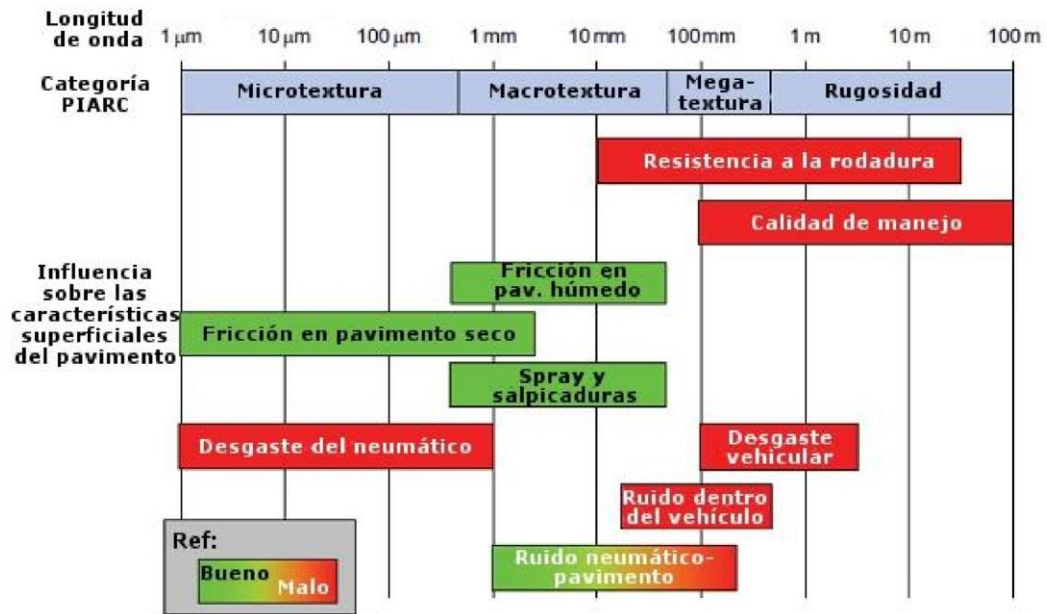


Figura 3. Categorías estándar de textura (PIARC, 1987).

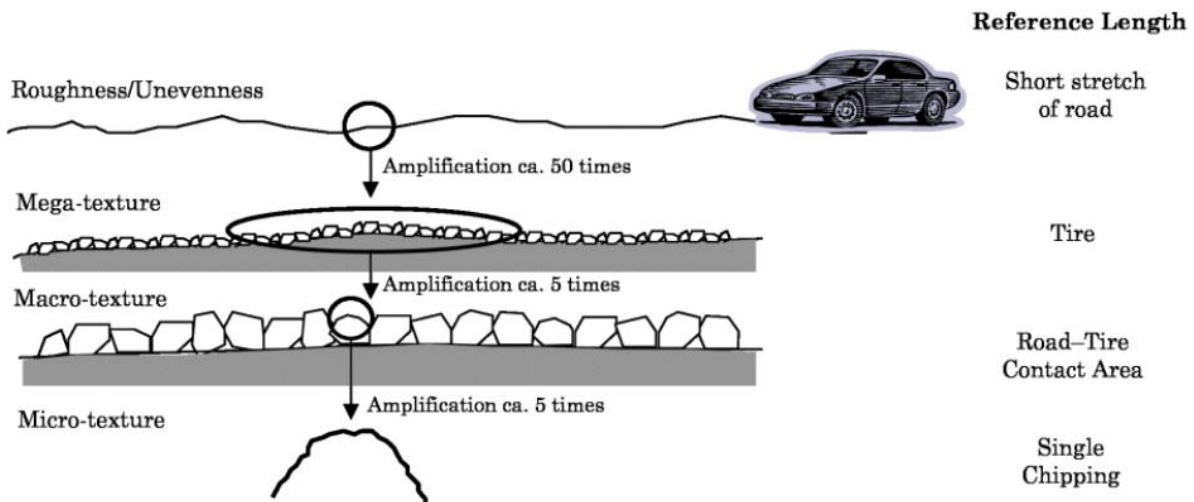


Figura 4. Ilustración simplificada de los diversos rangos de textura que existen para una superficie de pavimento dada (Sandburg, 1998).



A continuación, se presentarán las propiedades superficiales obtenidas en el presente proyecto.

### 2.2.1. Macrotextura

La longitud de onda para el caso de la macrotextura corresponde a valores entre 0.5 milímetros y los 50 milímetros medidos en la horizontal, para la vertical el rango está entre 0.01 a 20 milímetros. Esta desviación puede darse por la forma que se adhiere la superficie, de acuerdo a la disposición en conjunto de los grados de árido que sobresalen en la superficie de la capa de rodadura de un pavimento. La macrotextura aporta o afecta a la capacidad de frenado en presencia de agua y afecta las emisiones de ruido en la interfaz vehículo- pavimento (Salgado & Torres , 2009).

### 2.2.2. Importancia de la macrotextura

Según el Instituto Mexicano de Transporte la macrotextura representa el relieve de la capa de rodadura, dependiendo de la composición de la mezcla, riego o del tratamiento de la superficie dada a la capa superficial. Por otro lado, (Flintsch et al., 2001), señalan que la macrotextura puede ser la categoría más influyente en el rango de las propiedades superficiales, mencionando algunas propiedades que están relacionadas como la fricción en clima húmedo, que afecta la capacidad de transporte de agua de la superficie del pavimento. También indican que esta propiedad puede ser influyente en temas de ruido, tanto del que perciben los ocupantes del vehículo como el ruido del entorno, salpicado y rociado, además de afectar las propiedades ópticas del pavimento.

Además de aportar en las características antes mencionadas la textura está relacionada con el aspecto económico por el consumo del combustible, deterioro de los vehículos y desgaste de las llantas (Crespo del Río, 1999).

### 2.2.3. Clasificación de la macrotextura

En la *Tabla 1* se muestra la clasificación de la macrotextura en: profunda, media y lisa (Solminihaç y Echeverría, 1988).





Tabla 1. Clasificación de la macrotextura.

Profunda	Media	Lisa
<p>Cuando las variaciones o desviaciones provenientes de la elevación de las partículas sobre el plano base son significativas.</p> <p><b>Tipo de Pavimento:</b> Pavimentos con agregados compuestos por gravas de tamaño considerable, en la superficie de rodadura.</p> <p><b>Ventaja:</b> Pavimentos presentan buena resistencia al deslizamiento, aún en altas velocidades.</p>	<p>Punto intermedio entre macrotextura profunda y lisa, proveniente de superficies profundas en donde los agregados han sido desgastados por el paso de los vehículos.</p>	<p>Corresponde a superficies uniformes, en donde las variaciones no se perciben a simple vista.</p> <p><b>Desventaja:</b> En este tipo de superficies se produce una rápida caída de la fricción a medida que aumenta la velocidad de los vehículos.</p>

#### 2.2.4. Sand Patch o Círculo de Arena

El ensayo volumétrico denominado Sand Patch o Círculo de Arena según la norma (ASTM E965, 2015), es comúnmente utilizado para la obtención de la macrotextura superficial del pavimento. El ensayo es aplicable para cualquier tipo de pavimento y consiste como lo muestra la *Figura 3*, en extender sobre la superficie un volumen conocido de cualquier material granular uniforme y estable, con tamaño de grano adecuado a la macrotextura del pavimento, distribuyéndola y esparciéndola mediante un dispositivo. La extensión del material sobre la superficie del pavimento hace que los huecos o irregularidades presentes se rellenen hasta nivelarse con las partes más elevadas de los áridos circundantes (Nuñez et al., 2003). Luego de haber colocado y esparcido el material según la macrotextura que presenta el pavimento, se mide el diámetro del círculo. Pudiendo obtener la profundidad media de la macrotextura (MTD) con la siguiente *Ecuación 1*:

$$H = \frac{4V}{\pi * D^2} \quad \text{Ecuación 1.}$$

En donde:

- H: Profundidad media de macrotextura, mm.
- V: Volumen del material empleado, mm<sup>3</sup>.

- D: Diámetro del círculo de arena, mm.

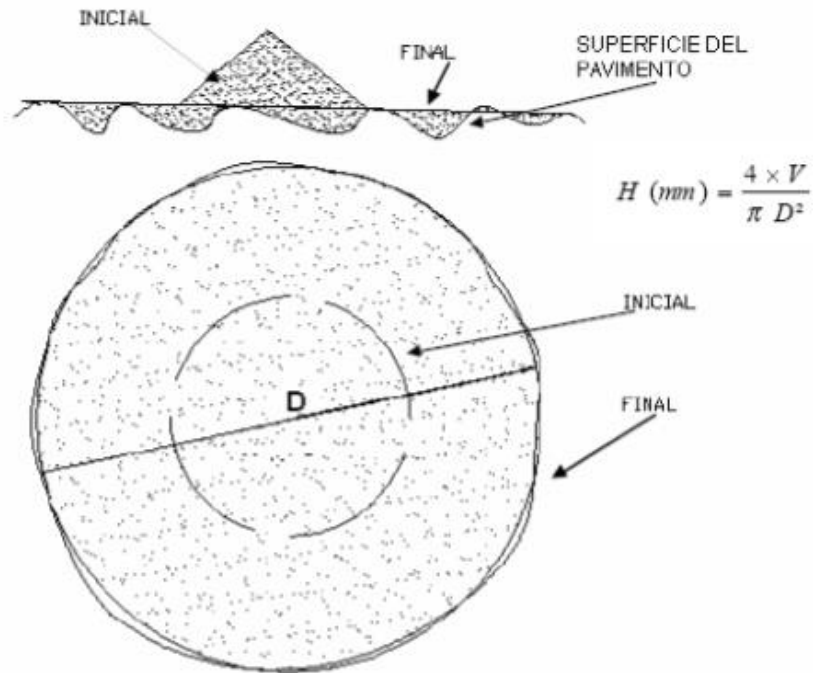


Figura 5. Esquema del ensayo San Patch (INV E-791, 2007).

## 2.2.5. Normativas para macrotextura

### **Normas Internacionales**

Tabla 2. Normas internacionales para Macrotextura.

País	Valores Mínimos De Macrotextura Mediante Sand Patch
España	Según el artículo 543 de mezclas bituminosas en caliente O.C.299/89T indica que: "Según las Normas de Laboratorio de Transporte (NLT- 335/87), no deberá ser inferior a 0.7mm" (NLT- 335, 1987)



Argentina	Se consideran valores de textura por encima de 0.50 mm que aportan a la adherencia entre neumático- pavimento (Barraza, 2004).
Perú	Propone como valor promedio de macrotextura un valor mayor o igual a 0.6 mm (Barraza, 2004).
México	Según la Norma de Conservación de Carreteras en la Parte 1: “Evaluación”. Título: “03. Evaluación de Pavimentos”. Capítulo: “006. Determinación de la Macrotextura (MAC)”, en el apartado B.14 “Clasificación del estado de los tramos en función de la profundidad media de la textura (MTD) se presenta los siguientes estados: <ul style="list-style-type: none"><li>• Bueno con una macrotextura mayor a 0.80 mm</li><li>• Regular, macrotextura entre 0.65mm y 0.80 mm</li><li>• Malo, macrotextura menor a 0.65mm</li></ul> (Subsecretaría de Comunicaciones y Transportes, 2016).
Brasil	Propone como límites sugeridos de profundidad media de macrotextura entre 0.6 mm y 1.2 mm (Lobato, 2004).

***Norma Nacional: Especificaciones generales para la construcción de caminos y puentes (MOP-001- F 2002)***

El MOP es un documento normativo desarrollado para la infraestructura vial y de transporte, estableciendo criterios, procedimientos y metodologías que se deben cumplir en el diseño, construcción, rehabilitación, mantenimiento y reposición de pavimentos, para un mejor desempeño de la infraestructura vial en todo su ciclo de vida

- En el capítulo 400 “Estructuras del pavimento”, sección 405 “Capas de Rodadura”, en la subsección 405-10 “Condiciones para recepciones de pavimentos”, establece como un objetivo de seguridad una macrotextura rugosa con valores superiores a 0.5 mm.

## 2.3. Rugosidad

Según la norma ASTM E867-06 Standard Terminology Relating to Vehicle Pavemente Systems define a la rugosidad como “*La desviación de una determinada superficie de pavimento, respecto a una superficie plana teórica, con dimensiones características que afectan la dinámica del vehículo, la calidad de manejo, cargas dinámicas y el drenaje*” (ASTM E867, 2006).

El IRI fue originario del programa norteamericano NCHRP que está basado en un modelo llamado “Golden Car” descrito en el reporte 228 (NCHRP, 1980). El cálculo matemático del IRI fue realizado por el Banco Mundial “International Road Roughness Experiment” (IRRE) (Sayers, 1986).

Dentro del proyecto participaron varios equipos de investigación de Brasil, Inglaterra, Francia, Estados Unidos y Bélgica, tomando diferentes medidas de rugosidad superficial del pavimento, en vías de diferentes condiciones con variedad de métodos e instrumentos, dando como resultado el IRI. Con un modelo matemático basado en el modelo de cuarto de carro, representando las vibraciones que puede tener, calculando el movimiento acumulado en la suspensión de un vehículo al recorrer sobre la superficie del camino, con una velocidad de desplazamiento de 80 Km/h (Badilla, 2008).

En la *Figura 6* se muestra el esquema del modelo de cuarto de carro, el cual se basa en una rueda asociada por un resorte vertical, la masa del eje el cual es soportado por la llanta, resorte de suspensión, amortiguador y la masa del vehículo que se encuentra soportada por la suspensión de la rueda.

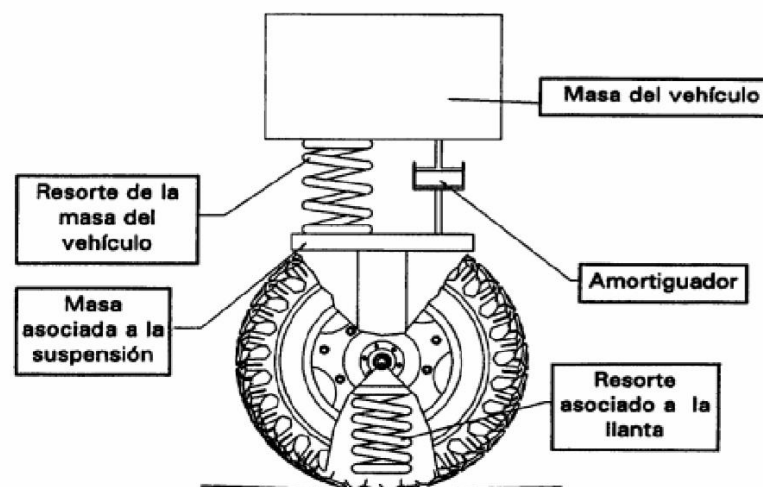


Figura 6. Respuesta dinámica de un cuarto de carro y el IRI (Instituto Mexicano de Transporte, 1995).

Las unidades del IRI pueden ser en mm/m, m/km o in/mi. La escala empleada por el Banco Mundial para diferentes tipos de vías, según la investigación realizada por IRRE se muestra en la Figura 7.

Teniendo un rango de 0 a 20 m/km, considerando a 0 m/km a un camino en perfecto estado o nuevo con una superficie uniforme y el valor de 12 m/km para caminos pavimentados intransitables, mientras que para vías no pavimentadas el valor se extiende a 20 km/h, el cual es casi imposible de transitar.

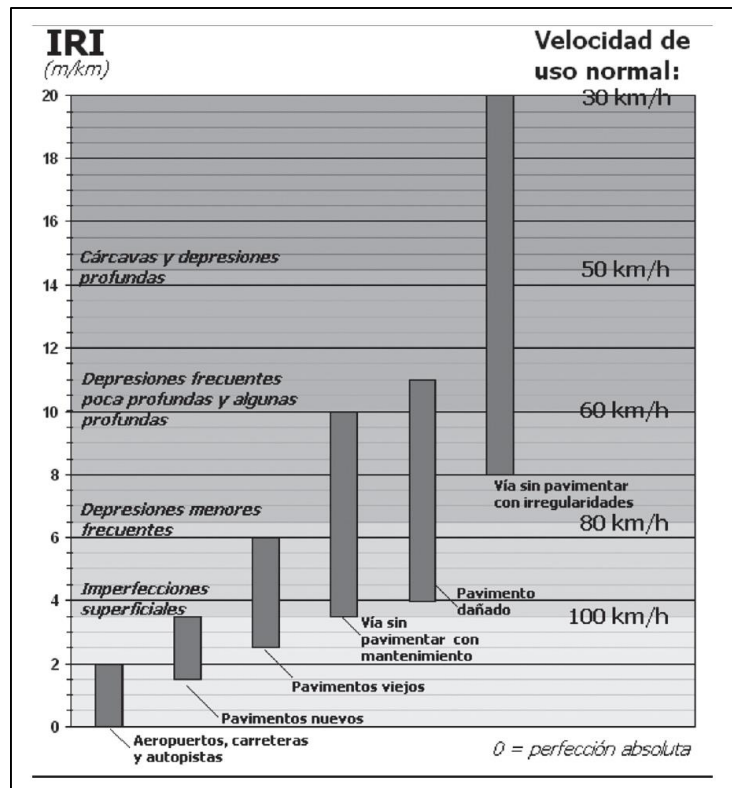


Figura 7. Escala estándar del IRI (Banco Mundial , 1982).

### 2.3.1. Métodos de medición del IRI.

El Banco Mundial en su documento N°46 Guidelines for conducting and calibrating road roughness measurements, presentan la clasificación de los equipos utilizados para la medición del IRI, según la precisión que estos muestren y su calibración (Sayers et al., 1986b).

- **Clase 1: Perfiles de alta precisión.**

Este método es considerado con altos estándares de precisión para la medición del IRI, pero con un bajo rendimiento debido a que la recolección de datos en campo es lenta. El perfil longitudinal debe ser medido en la huella de rueda, con una serie de puntos de elevación a una distancia no mayor a 250 mm y precisión de 0.5 mm para pavimentos



lisos con un IRI de 1 a 3 m/km y de 3 mm para valores de IRI entre 10 a 20 m/km. Este método estático no es recomendado para vías extensas, si no para la calibración de otros equipos.

- **Clase 2: Otros métodos perfilómetros**

Este método incluye equipos que no tienen la exactitud y precisión de la Clase 1, pueden ser perfilómetros de alta velocidad como también estáticos. La distancia entre puntos del perfil longitudinal no debe ser mayor a 500 mm, con una precisión de 1 mm para pavimentos con IRI entre 1 a 3 m/km y para un IRI entre 10 a 20 m/km a una precisión de 6 mm.

- **Clase 3: Estimación mediante correlaciones**

Estos equipos empleados son tipo respuestas, los cuales previamente se procede a la calibración con perfilómetros de precisión mediante ecuaciones de correlación para obtener una estimación del IRI. Esta medida depende principalmente de las características dinámicas del vehículo usado, ya que estos equipos detectan los movimientos verticales del eje del automóvil o de un remolque.

- **Clase 4: Valoraciones subjetivas**

Este método es empleado cuando no se requiere una alta precisión o en caso que no se pueda obtener, teniendo estimaciones subjetivas en base a la calidad de viaje en la vía o inspecciones visuales y mediciones con equipos no calibrados.

- **Clase 2 y 3: Roadroid**

La aplicación que será empleada para la medición del IRI, se encuentra en las Clases 2 y 3, ya que posee ciertas características de la Clase 2 como un buen rendimiento, obteniendo un adecuado IRI. Siendo también Clase 3, debido a que se necesita de una fórmula de correlación para comparar los valores proporcionados por la aplicación (Forslof, 2014).

Además, a diferencia de la Clase 1 esta herramienta es fácil y económica, aplicándose en lugares donde se vuelve dificultoso usar equipos pesados, complejos y costosos.

Debido a que su recopilación de datos es potente y eficaz se omite que pertenezca a la Clase 4. (Roadroid, 2017).

### 2.3.2. Roadroid

El nombre de la aplicación para Smartphones inteligentes Roadroid (*Figura 8*), se debe a la traducción al español de las palabras en inglés “road” a caminos o vías y “droid” por Android. Comenzó a desarrollarse en el año 2010, con el objetivo de monitorear el estado de las vías en función de su rugosidad con resultados precisos y equipos portables, eficientes y fáciles de aplicar, empleando las herramientas preinstaladas en los Smartphone.



Figura 8. Ícono de aplicación Roadroid (Roadroid, 2017).

El funcionamiento de la aplicación consiste en tomar los datos de las vibraciones de las carreteras analizadas, mediante los acelerómetros y GPS con los que cuentan los Smartphone, para luego convertirlas en unidades IRI, dando como resultado la medición de rugosidad de dos maneras el IRI estimado(eIRI) y el IRI calculado(cIRI).

- **cIRI:** Debido a que este IRI es calculado por el método de cuarto de carro y usa un filtro de saturación, tiene una precisión de Clase 2, siendo el recomendado por la aplicación Roadroid. (Sayers, 1996)

Para la estimación de este valor se necesita una velocidad constante entre un rango recomendado de 60 a 80 km/h, se tomará en consideración las variables configuradas en la aplicación tales como el tipo de vehículo, sensibilidad para la medición, determinación de la longitud de los segmentos entre 10 a 200 m, para la cual se calcula los pesos oscilantes simulados (Forslof, 2014).

Los vehículos que se pueden usar para la aplicación son:

- Vehículos pequeños.
- Vehículos normales.
- Camionetas de dobles tracción o 4x4.
- Bicicleta.

Según diferentes muestreos en diferentes países, el equipo Roadroid recomienda la siguiente configuración previo al muestreo.

Tabla 3. Control para mediciones de cIRI (Forslof, 2014).

Tipo de Vía	Asfalto	Grava	Tierra
<b>Velocidad (Km/h)</b>	80	60	40
<b>Sensibilidad</b>	1.6	2.2	2.8
<b>Longitud Tramo cIRI (m)</b>	40	100	200



- **eIRI:** Este valor es considerando según la clasificación del Banco Mundial Clase 3 de precisión, debido a que usa estimaciones de correlaciones para estimar su valor. Esta estimación se puede ver afectada por las vibraciones producidas por la macrotextura, aumentando el IRI.

Los datos que se recopilan deben estar en un rango de velocidad de 20 a 80 km/h, con mínimos cambios de velocidad, debido a que la aceleración afecta a los resultados (Forslof, 2014).

El eIRI, está relacionado con la textura del pavimento antes que con la rugosidad real. Ya que es mucho más sensible a la micro rugosidad, y tiene un compensador de velocidad en carreteras pavimentadas con configuración limitadas. Por otro lado, para obtener lecturas precisas de rugosidad, se debe trabajar con el cIRI (Forslof, 2014).

En la *Figura 9*, se muestran los posibles casos que se pueden dar en la superficie del pavimento:

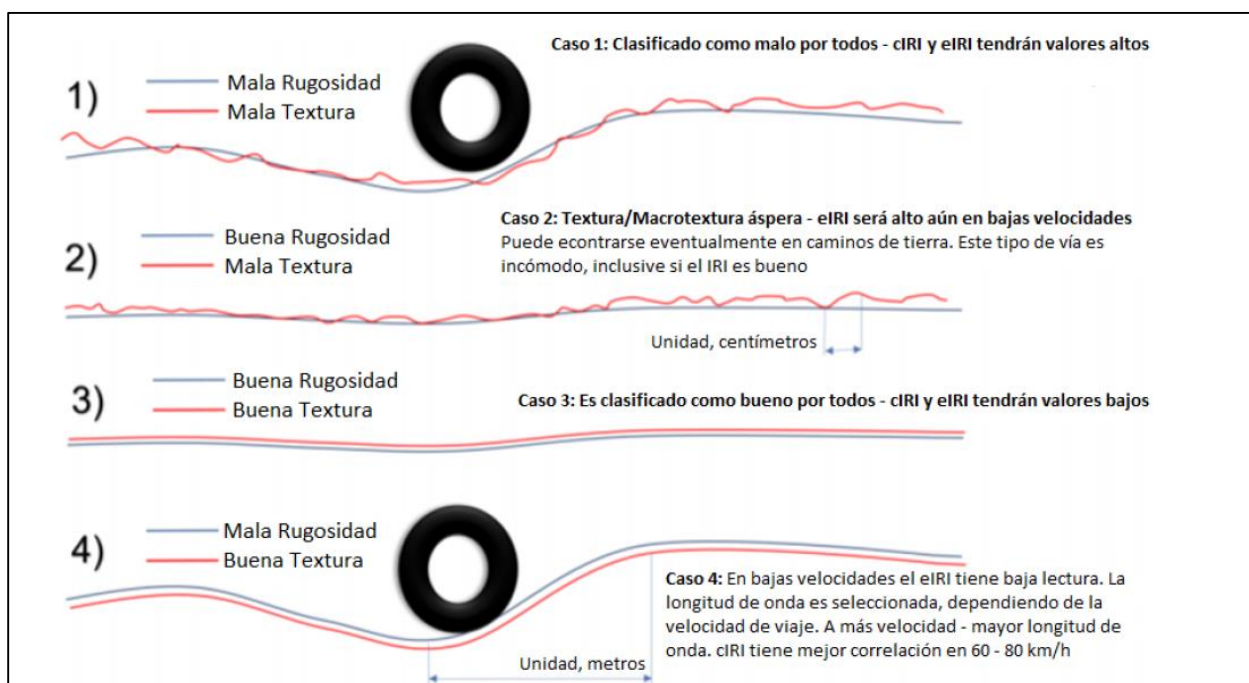


Figura 9. Casos posibles de rugosidad- textura (Forslof, 2014).





### 2.3.3. Nivelación

La aplicación de smartphone Roadroid está posicionada dentro de la Clase 2-3 para la obtención de rugosidad. Sin embargo, para poder usar sus resultados, se deben calibrar los datos mediante nivelación, que es la manera más precisa de medir el perfil con un equipo topográfico convencional (Chávez y Peñarreta, 2019).

#### **Normativa Empleada**

La norma ASTM E1364-95 contiene el método descrito para la medición de rugosidad especificado como “Estándar Test Method for Measuring Road Roughness by Static Level Method”, la cual lleva la medición de un perfil longitudinal de una superficie recorrida utilizando un nivel estático para obtener el índice de rugosidad de la carretera. Este método pertenece a la Clase 1 para la determinación del IRI, y se lo puede aplicar en todo tipo de superficie incluidos caminos pavimentados y no pavimentados (Chávez & Peñarreta, 2019).

Ya que este ensayo de nivel estático es utilizado para validar y calibrar otros métodos de perfil, se tiene que evaluar el proceso de medición para asegurar que los resultados estén dentro de la resolución requerida que muestra la *Tabla 4*.

Tabla 4. Requisitos de precisión para mediciones perfilométricas del IRI Clase 1 y 2 (Sayers ,1986b).

Rango De Rugosidad IRI (m/Km)	Máximo Espaciamiento Entre Puntos De La Muestra (mm)		Precisión De Elevación De Las Mediciones (mm)	
	Clase 1	Clase 2	Clase 1	Clase 2
1.0-3.0	250	500	0.5	1.0
3.0-5.0	250	500	1.0	1.5
5.0-7.0	250	500	1.5	2.5
7.0-10	250	500	2.0	4.0
10-20	250	500	3.0	6.0

Como se puede observar en la Tabla 4, se tiene la precisión de elevación de las mediciones que se relaciona con la resolución a la que puede leer el nivel, mientras que el máximo espaciamiento hace referencia al intervalo de muestra entre las medidas de elevación adyacentes (Sayers et al., 1986b).

El equipo para realizar este método consiste en una varilla de precisión marcada en unidades de elevación generalmente en centímetros o pies, un nivel que es utilizado para establecer una



línea de referencia horizontal y una cinta para marcar las distancias longitudinales a lo largo del recorrido de rueda.

Por otro lado, la normativa recomienda al menos dos personas para llevar a cabo la toma de datos, uno para localizar y sostener la varilla, y un segundo para leer las alturas a través del instrumento de nivelación. Con el fin de optimizar el tiempo, una tercera persona serviría de gran ayuda para el registro de datos.

#### 2.3.4. Calibración de Medidores de Rugosidad de Tipo Respuestas (RTRRMS)

Un sistema RTRRMS representa un sistema de medición de rugosidad vial de tipo respuesta. Dichos sistemas consisten en un automóvil de pasajeros o un remolcador que tiene una o dos ruedas, además de un medidor de ruta para medir la suspensión en las desviaciones (Sayers et al., 1986b).

La calibración de los datos de rugosidad es de gran importancia cuando se utiliza un RTRRMS, por las siguientes razones:

- Dependiendo del nivel de sensibilidad del medidor RTRRMS, se pueden tener valores de IRI mayores o menores al verdadero.
- El medidor de ruta en el RTRRMS tiene formas de histéresis que hace que pierdan los recuentos, lo que conlleva a una disminución de medidas de rugosidad.
- De acuerdo a los movimientos de suspensión RTRRMS incluyen efectos de otros factores distintos a la rugosidad de la carretera, como la falta de redondez lo que induce a tomar mayores medidas de rugosidad.

La calibración es obtenida con mediciones en “bruto” en sitios de calibración especiales, en los cuales los valores de rugosidad IRI son conocidos, mediante un método de Clase 1 o 2. El RTRRMS pasa continuamente por los sitios de calibración de 3 a 5 veces a una velocidad estándar (80 km/h), o en sitios más largos para reducir el número de mediciones repetidas. Los sitios para calibración deben ser representativos de la zona de estudio. Como recomendación, estos sitios deben situarse en caminos de baja o nula curvatura, además de tener una rugosidad uniforme a lo largo del sitio. Los datos provenientes de los sitios de calibración son utilizados para realizar una regresión del IRI frente a las mediciones de RTRRMS “en bruto”, disminuyendo el error al cuadrado entre los valores de IRI de referencia y los valores estimados a partir del RTRRMS, llegando a una correlación para un sitio en específico (Chávez & Peñarreta, 2019).

Debido a que en muchos casos no se pueden tomar los datos a la velocidad señalada de 80 km/h, por cuestiones de tráfico, geometría restrictiva o altos niveles de rugosidad que sobrepasan



el nivel operativo de un RTRRMS, es permitida y recomendada una velocidad mayor a 32 km/h hasta 50 km/h. Evitando velocidades menores ya que la rugosidad puede verse afectada por las propiedades de los neumáticos del RTRRMS (Sayers et al., 1986b).

### **Regresión Lineal Simple**

Según (Walpole et al., 2012), la manera exacta de relacionar la respuesta de Y con una sola variable independiente X, viene expresada en la *Ecuación 2*.

$$Y = \beta_0 + \beta_1 x \quad \text{Ecuación 2.}$$

En donde

- $\beta_0$ : Intersección
- $\beta_1$ : Pendiente

La relación entre estos dos parámetros se presenta en la *Figura 10*.

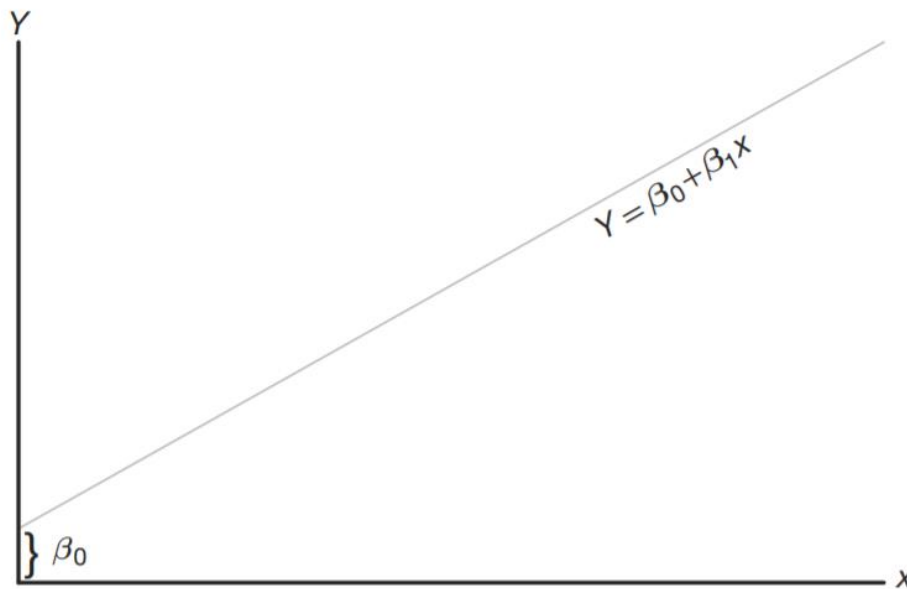


Figura 10. Relación lineal (Walpole et al., 2012)



La relación mostrada en la *Ecuación 2* es una aproximación en la que se han omitido ciertas variables de importancia secundaria, se debe incluir un término de perturbación aleatoria  $\epsilon$ , que refleja todos los factores diferentes de  $X$  que influyen en la variable  $Y$ . De esa manera, la relación quedaría como:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 x + \epsilon \quad \text{Ecuación 3.}$$

En donde

- $\beta_0$ : Intersección
- $\beta_1$ : Pendiente
- $\epsilon$ : Erro aleatorio

En la *Ecuación 3*, el valor de  $Y$  es una variable aleatoria por el valor de  $\epsilon$ , denominado error aleatorio. Evitando que el modelo se convierta en una ecuación determinística.

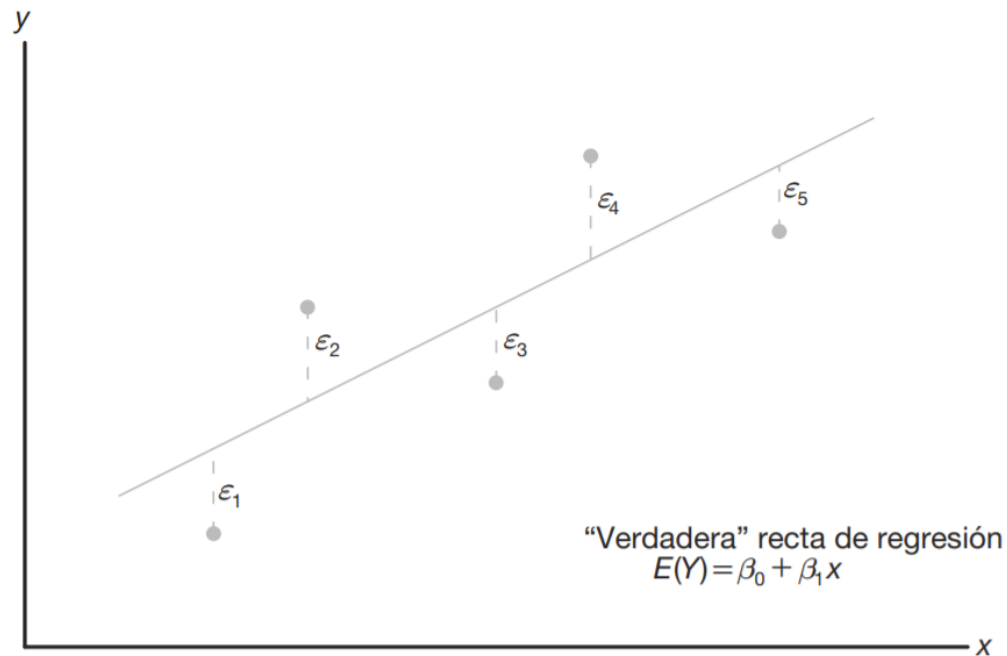


Figura 11. Datos  $(x,y)$  hipotéticos dispersos alrededor de la verdadera recta de regresión para  $n=5$  (Walpole et al., 2012).

En la *Figura 11* se muestra que para el caso de  $E(\epsilon) = 0$ , para un regresor específico  $x$ , los valores de  $Y$  se distribuyen alrededor de la recta verdadera de regresión. Para temas prácticos no se hace uso de la recta verdadera, ya que se desconocen los valores de  $\epsilon$ . Sin embargo, se utiliza una recta de regresión ajustada.

Para ello se estima  $b_0$  para  $\beta_0$  y  $b_1$  para  $\beta_1$ , dando como resultado la *Ecuación 4*.

$$\hat{y} = b_0 + b_1 x \quad \text{Ecuación 4.}$$

Se utilizan mínimos cuadrados para la estimación tanto de  $b_0$  como  $b_1$ , que consiste en que la suma de los cuadrados residuales sea mínima. Los residuales pertenecen a los errores en el ajuste del modelo. Dado un conjunto de datos de regresión  $\{(x_i, y_i); i = 1, 2, \dots, n\}$  y un modelo ajustado  $\hat{y} = b_0 + b_1 x$ , el  $i$ -ésimo  $e_i$  viene dado por la *Ecuación 5*.

$$e_i = y_i - \hat{y}_i x, \quad i = 1, 2, \dots, n. \quad \text{Ecuación 5.}$$

Si se llega a tener una suma de residuales alta el ajuste es malo, caso contrario, si la suma es pequeña el ajuste es el adecuado. Por ende, al diferenciar la suma de los cuadrados de los residuos se minimiza el  $e_i$ , luego se iguala a cero las derivadas parciales y se reacomodan los



términos llegando a las *Ecuaciones 6 y 7* que sirven para calcular los valores estimados deseados de  $b_0, b_1$ .

$$b_1 = \frac{(n \sum_{i=1}^n x_i y_i) - (n \sum_{i=1}^n x_i)(n \sum_{i=1}^n y_i)}{(n \sum_{i=1}^n x_i^2) - (\sum_{i=1}^n x_i)^2} \text{ Ecuación 6.}$$

$$b_0 = \frac{(\sum_{i=1}^n y_i) - b_1(\sum_{i=1}^n x_i)}{n} \text{ Ecuación 7.}$$

Las tendencias de los datos pueden ser: exponencial, potencial, recíproca o hiperbólica, mediando la transformación se puede linealizar dichas tendencias cambiando las variables de la siguiente manera:  $x=x^*$  y/o  $y=y^*$ , según el tipo de linealización. Como variables lineales se tiene a  $x$  e  $y$ ,  $x^*$  e  $y^*$  son variables linealizadas mediando las ecuaciones de transformación.

Tabla 5. Transformaciones (Walpole et al., 2012).

Forma funcional que relaciona y con x	Transformación propia	Forma de la regresión lineal simple
Exponencial: $y = \beta_0 e^{\beta_1 x}$	$y^* = \ln y$	Hacer la regresión de $y^*$ contra $x$
Potencial: $y = \beta_0 x^{\beta_1}$	$y^* = \log y ; x^* = \log x$	Hacer la regresión de $y^*$ contra $x^*$
Recíproca: $y = \beta_0 + \beta_1 \left(\frac{1}{x}\right)$	$x^* = \frac{1}{x}$	Hacer la regresión de $y$ contra $x^*$
Hiperbólica: $y = \frac{x}{\beta_0 + \beta_1 x}$	$y^* = \frac{1}{y} ; x^* = \frac{1}{x}$	Hacer la regresión de $y^*$ contra $x^*$

Para los modelos de regresión ajustándose requiere conocer el grado de ajuste de sus variables, el cual es obtenido con el coeficiente de determinación ( $R^2$ ) que mide la cantidad de variabilidad del modelo ajustado, y se calcula mediante la *Ecuación 8*.

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_x)^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2} \text{ Ecuación 8.}$$

Si se llega a tener un ajuste perfecto, cada uno de los residuales es cero, obteniendo un  $R^2 = 1$ . Por otro lado, un parámetro también importante que se puede obtener del grupo de puntos



$\{(x_i, y_i); i = 1, 2, \dots, n\}$  es la asociación lineal que existe entre estas dos variables aleatorias. Para cuantificar la calidad de la dependencia entre las variables el indicador utilizado es el coeficiente de correlación de Pearson. El coeficiente es la raíz cuadrada del coeficiente de determinación  $R^2$ .

### Coeficiente De Correlación De Pearson

Según (Canavos, 1988), el coeficiente de correlación ( $r$ ) expresa una medida cuantitativa de la fortaleza de la relación lineal entre  $X$  y  $Y$  de la muestra. Este coeficiente se encuentra en un intervalo  $-1 \geq r \leq 1$ , sin importar las unidades de la medida de las variables.

Para los siguientes valores de  $r$  se tiene:

- Si  $r$  es cercano o igual a 0 indica poca o ninguna relación lineal entre  $x$  e  $y$ .
- La semejanza o el acercamiento a 1 ò -1, muestra que la relación lineal entre  $x$  e  $y$  es más fuerte.
- Si  $r = \pm 1$ , todos los puntos caerán exactamente en la recta de regresión.

En cuanto a la magnitud de la relación, esta viene dada por el valor numérico del coeficiente, mientras que el signo muestra la dirección de tal valor. Una relación de +1 es tan fuerte como la de -1. En el primer caso, la relación es perfecta positiva y en la segunda perfecta negativa.

A continuación, se muestran figuras que representan diferentes casos de correlación.



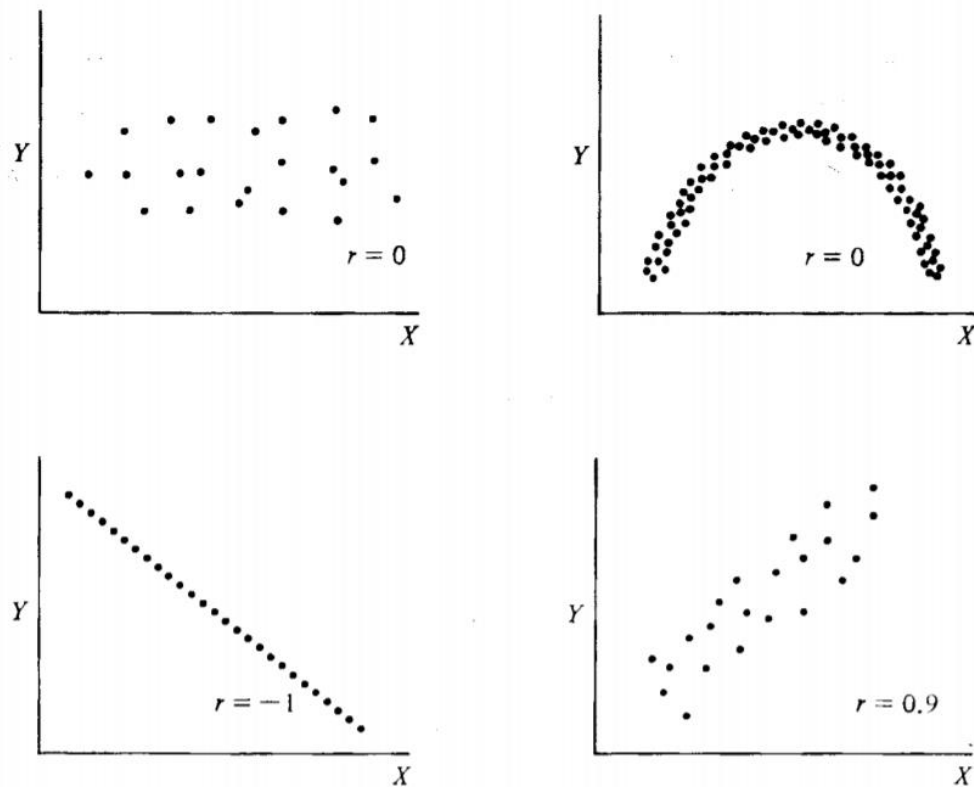


Figura 12. Gráficas de dispersión comunes para algunos valores de  $r$  (Canavos, 1988) .

- Caso a): Correlación nula, puesto que los puntos no presentan ninguna tendencia.
- Caso b): Tendencia cuadrática, con un  $r=0$
- Caso c): Correlación perfecta negativa, indicando que mientras una variable aumenta la otra disminuye.
- Caso d): Relación fuerte positiva, mientras una variable aumenta la otra también lo hace.

Teniendo un grupo de valores de dos variables  $(x_1, y_1)$ , ..... ,  $(x_n, y_n)$ , el coeficiente de correlación lineal  $r$ , se lo determina según (Canavos, 1988) como:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n [(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})]}{\sqrt{[\sum_{i=1}^n x_i - \bar{x}^2] * [\sum_{i=1}^n y_i - \bar{y}^2]}} \text{ Ecuación 9.}$$



En la *Ecuación 9* se muestra las varianzas  $SS_{xx}$  y  $SS_{yy}$ , las cuales miden la dispersión dentro de un conjunto de datos, en función de la diferencia para cada valor de X o Y con su respectivo promedio  $\bar{x}$  y  $\bar{y}$ .

Montgomery y Runger en el libro “Probabilidad y Estadística aplicada a la Ingeniería” califican el grado de correlación de datos, en base al rango de las variables evaluadas *Tabla 6*.

Tabla 6. Clasificación según el grado de correlación (Montgomery y Runger, 2011)

Grado de Correlación	Rango de r	
Correlación Perfecta	1	-1
Correlación Excelente	Entre 0.9 y 1	Entre -0.9 y -1
Correlación Aceptable	Entre 0.8 y 0.9	Entre -0.8 y -0.9
Correlación Regular	Entre 0.6 y 0.8	Entre -0.6 y -0.8
Correlación Mínima	Entre 0.3 y 0.6	Entre -0.3 y -0.6
Ausencia de Correlación	Entre 0 y 0.3	Entre -0.3 y 0

## Computación del IRI

La norma ASTM E1364-95, señala que si el índice de rugosidad obtenido por nivelación va a ser utilizado como referencia para calibración de un sistema tipo respuesta (RTRRMS), recomienda utilizar la escala del IRI. Por otro lado, (Sayers et al., 1986b). muestra el uso de un programa de computadora para calcular el IRI. Simulando un modelo vehículo de cuarto de carro que atraviesa el perfil, utilizando valores de parámetros de vehículo estandarizados además de una velocidad de viaje simulada a 80 km/h.

Se puede obtener el IRI calculando cuatro variables como funciones del perfil medido (las variables simulan la respuesta dinámica de un vehículo de referencia que recorre el perfil filtrado). Las ecuaciones para las cuatro variables son resueltas para cada punto de elevación medido sin considerar el primer punto. La pendiente promedio correspondiente a los primeros 11m (0.5 segundos a 80 km/h) es utilizada para inicializar las variables asignando los siguientes valores (Chávez & Peñarreta, 2019):

$$Z'_1 = Z'_3 = \frac{(Y_a - Y_1)}{11} \text{ Ecuación 10.}$$

$$Z'_2 = Z'_4 = 0 \text{ Ecuación 11.}$$

$$a = \frac{11}{dx+1} \text{ Ecuación 12.}$$



Donde:

- $Y_a$ : El "11<sup>avo</sup>" punto de elevación.
- $Y_1$ : El primer punto.
- $dx$ : Intervalo o separación de la muestra.

Para el intervalo  $dx= 0.25m$ , la Ecuación 9 será la diferencia entre el 45<sup>avo</sup> punto y el primer punto de elevación para poder obtener la pendiente inicial en el cálculo del IRI. A continuación, se presenta las cuatro ecuaciones que deben ser resueltas para cada punto de elevación, desde 2 hasta  $n$  ( $n$ = número de mediciones de elevación).

$$Z_1 = s_{11} * Z'_1 + s_{12} * Z'_2 + s_{13} * Z'_3 + s_{14} * Z'_4 + P_1 * Y' \quad \text{Ecuación 13.}$$

$$Z_2 = s_{21} * Z'_1 + s_{22} * Z'_2 + s_{23} * Z'_3 + s_{24} * Z'_4 + P_2 * Y' \quad \text{Ecuación 14.}$$

$$Z_3 = s_{31} * Z'_1 + s_{32} * Z'_2 + s_{33} * Z'_3 + s_{34} * Z'_4 + P_3 * Y' \quad \text{Ecuación 15.}$$

$$Z_4 = s_{41} * Z'_1 + s_{42} * Z'_2 + s_{43} * Z'_3 + s_{44} * Z'_4 + P_4 * Y' \quad \text{Ecuación 16.}$$

Donde:

- $Y'$ :  $\frac{(Y_i - Y_{i-1})}{dx}$  = Entrada de pendiente *Ecuación 17.*
- $Z_j'$ :  $Z_j$  de la posición anterior,  $j= 1,4$  *Ecuación 18.*
- $s_{ij}, P_j$  : Coeficientes que se fijan para un intervalo dado,  $dx$ .

Las *Ecuaciones 13-16* son resueltas para cada posición a lo largo de la trayectoria de la rueda. Luego de ser resueltas para cada posición, la *Ecuación 18* establece los valores de  $Z_1'$ ,  $Z_2'$ ,  $Z_3'$ ,  $Z_4'$ , para la siguiente posición. Por otro lado, para cada posición, la pendiente rectificadora (RS sus siglas en inglés) del perfil filtrado se obtienen mediante la *Ecuación 19*:

$$RS_i = |Z_3 - Z_1| \quad \text{Ecuación 19.}$$

El IRI estadístico representa el promedio de la variable RS sobre la longitud del sitio. Después de que las ecuaciones antes mencionadas sean resueltas para todos los puntos del perfil, el IRI se calcula en base a:

$$IRI = \frac{1}{(n-1)} \sum_{i=2}^n RS_i \quad \text{Ecuación 20.}$$

El proceso indicado es aceptable para cualquier separación  $dx$  que va desde los 0.25 m hasta los 0.61 m. El IRI calculado tendrá unidades consistentes con las utilizadas para las medidas de elevación y para el intervalo de muestra.



### 2.3.5. Normativas

- **Normas Internacionales**

A continuación, se muestran los valores de IRI establecidos en diferentes países para pavimentos asfálticos. Según el Instituto Mexicano del Transporte con su boletín técnico “Índice Internacional de Rugosidad en la Red Carretera de México” nos presenta los valores de los países colocados en la *Tabla 7* ( Instituto Mexicano del Transporte, 1998), a excepción de Perú el cual se obtuvo de la Norma Técnica Peruana CE.010 pavimentos Urbanos 2010 (Norma Peruana , 2010).

Tabla 7. Especificaciones internacionales (Instituto Mexicano de Transporte, 1998).

País	IRI (m/km)		
	Bueno	Regular	Malo
E.E.U.U	<2,4	2,4-4,7	>4,7
Chile	<3	3,0-4,0	>4,0
Honduras	<3,5	3,5-6,0	>6,0
Uruguay	<3,9	4,0-4,6	>4,6
México	<3	3,0-5,0	>5,0
Países bajos	<1,5	1,5-3,5	>3,5
Alemania			
Perú	<2,5	-	-

- ***Norma Nacional: Especificaciones generales para la construcción de caminos y puentes (MOP-001- F 2002)***

Las características que debe cumplir la rugosidad según el MOP-001- F, están detalladas en el mismo apartado en el que se encuentran las especificaciones de la macrotextura que establece una rugosidad máxima de 2.5 km/m para un hormigón asfáltico, mientras que para un tratamiento superficial no debe exceder a 4.0 m/km.

### 2.4. PCI (Índice De Condición Del Pavimento)

El PCI representa la metodología más completa para la evaluación y calificación objetiva de pavimentos, tanto flexibles como rígidos, dentro de los modelos de gestión vial disponibles en la



actualidad. Una ventaja del método es su fácil implementación ya que no requiere de herramientas especializadas (Vásquez, 2002).

El PCI es un índice numérico que toma en cuenta tres factores que muestran el deterioro de la estructura del pavimento: clase de daño, severidad y cantidad o densidad del mismo. Según el estado del pavimento el índice numérico varía desde cero (0), para un pavimento fallado o en mal estado, hasta cien (100) para un pavimento en estado perfecto (Vásquez, 2002).

En la Tabla 8 se muestran los rangos de PCI con su respectiva descripción cualitativa de la condición del pavimento.

Tabla 8. Procedimiento de evaluación de la condición del pavimento (NEVI-12, 2013).

Rango	Clasificación	Simbología
100-85	Excelente	
85-70	Muy Bueno	
70-55	Bueno	
55-40	Regular	
40-25	Malo	
25-10	Muy Malo	
10-0	Fallado	

La evaluación de la condición de un pavimento flexible presenta varias etapas en las cuales se identifica clase, severidad y cantidad de cada daño presentado, para luego calcular el PCI de la vía basándose en los “valores deducidos” de cada daño de acuerdo con la cantidad y severidad adquiridas (Vásquez, 2002).

Las etapas serán descritas a continuación, siguiendo la norma ASTM D 6433-11 Road and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys.

## 1. Identificación de tramos

Las redes viales que son sujetas a evaluación de pavimentos presentan grandes longitudes, por lo que es necesario identificar tramos o áreas en el pavimento, tomando en cuenta criterios como:



estructural del pavimento, historia de construcción, condiciones del tráfico, clasificación cualitativa del pavimento.

En caso de presentar características diferentes, deben dividirse en tramos que posean características semejantes (Garcés, 2017).

## 2. Inspección de campo y evaluación de la condición del pavimento

Se debe inspeccionar de manera individual cada unidad de muestra seleccionada, identificando el tramo, número y tipo de unidad de muestra (al azar o adicional).

Al momento de realizar la inspección de fallas se determina también su tipo, cantidad y nivel de severidad, registrando la información obtenida en formatos previamente establecidos. Se debe verificar las dimensiones de unidad de muestra manualmente.

## 3. Cálculo del PCI

El cálculo del PCI consta del siguiente procedimiento, de acuerdo a la metodología recomendada en el Manual del PCI para pavimentos asfálticos y de concreto en carreteras.

- Sumar la cantidad total de cada tipo de falla en cada nivel de severidad y registrar esta información como “Total de severidades”. La medición de los daños depende del tipo de falla considerada, puede ser tanto en área, longitud o por número.
- Dividir la cantidad total de cada tipo de falla en cada nivel de severidad (total de severidades) entre el área total de la unidad de muestra. Posteriormente expresar el resultado en porcentaje para obtener la “densidad porcentual de daño”.
- Determinar el valor deducido (VD) para cada combinación de tipo de falla y nivel de severidad utilizando las curvas de valor deducido de fallas (*Anexo 1*).
- Calcular el valor de deducción total (TDV), que es igual a la sumatoria de todos los valores de deducción de cada tipo de falla individual.
- Determinar el máximo valor deducido corregido (CDV) y el número de valores deducidos que sean mayores que dos (2) (valor “q”).
- Si ninguno o solamente un valor deducido individual es mayor que dos (2). El valor total (TDV) es usado en lugar del máximo CDV para determinar el PCI. Caso contrario, se debe crear una lista de valores deducidos individuales en orden descendente.
- Determinar el número de deducciones permisibles, “m”, a través de la *Ecuación 21*, mismo que debe ser menor o igual a diez.

$$m = 1 + \frac{9}{98} * (100 - HDV) \leq 10 \quad \text{Ecuación 21.}$$



En donde:

- m: número máximo admisible de valores deducidos incluyendo fracciones.
- HDV: el mayor valor deducido individual para la unidad de muestra.
- El número de valores deducidos individuales es reducido al máximo admisible de valores deducidos “m”, incluyendo su parte fraccionaria (producto del menor valor deducido y la parte fraccionaria). En el caso de haber menor número de valores deducido que m se utiliza los valores disponibles (valor “q”).
- Reducir a 2 el menor de los “valores deducidos” individuales mayores que 2 y repetir este proceso de forma iterativa hasta que “q” sea igual a 1.
- Sumar los valores deducidos individuales para determina el “Valor deducido total” (TDV).
- Ingresar en la curva de corrección para pavimentos flexibles (*Anexo 2*), para determinar el CDV en función de “q” y “CDT”.
- Encontrar “HDV”, que es el mayor de todos los CDVs.
- Calcular el PCI restándole a 100 el valor de HDV

$$PCI_m = 100 - HDV \text{ Ecuación 22.}$$

#### 2.4.1. Fallas en pavimentos.

A medida que la infraestructura vial se pone en funcionamiento, el pavimento sufre fallas, desgastes y debilitamientos, presentándose mayores daños en la capa de rodadura y menores en la estructura del mismo. Estas fallas se pueden dar por un mal diseño de pavimento, incorrecto proceso constructivo, falta de mantenimientos o por factores ambientales. Estos factores pueden llegar a causar dos tipos de fallas, las funcionales, que se presentan en la superficie sin tener relación con la estructura del pavimento y las estructurales teniendo origen en una o más capas de la estructura del pavimento (Gutiérrez, 1994). Las cuales se presentan en la *Tabla 9*.

Tabla 9. Fallas en los pavimentos

Fallas Estructurales	Fallas Superficiales
<ul style="list-style-type: none"><li>• Piel de cocodrilo</li><li>• Fisuras en bloque</li><li>• Abultamiento y hundimiento</li><li>• Depresión</li><li>• Ahuellamiento</li><li>• Desplazamiento</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Exudación</li><li>• Corrugación</li><li>• Fisuras de borde</li><li>• Fisuras de reflexión de junta</li><li>• Fisuras longitudinales y transversales</li><li>• Desnivel carril-berma</li></ul>






<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hinchamiento</li> <li>• Baches</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Agregado pulido</li> <li>• Parches</li> <li>• Fisuras parabólicas o por deslizamiento</li> <li>• Peladura por intemperismo o desprendimiento de agregados</li> </ul>
--	---

A continuación, se muestra las fallas más representativas en la zona de estudio.

Tabla 10. Grieta longitudinal y transversal.

Unidad	m
<b>Descripción</b>	Longitudinales: Paralelas al eje de la vía o dirección de construcción. Transversales: Perpendiculares al eje del pavimento o a la dirección construida.
<b>Origen</b>	Junta de carril pobremente construida, contracción en la superficie por bajas temperaturas, endurecimiento del asfalto o al cambio diario de temperatura, reflexión de una grieta causada bajo la capa de base.
<b>Severidad</b>	 <p>Baja (L)</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Grieta sin relleno de ancho menor a 10 mm</li> <li>2. Grieta rellena de cualquier ancho.</li> </ol> <p>Figura 13. Grieta longitudinal y transversal de baja severidad (FHWA, 2014).</p>



	 <p>Figura 14. Grieta longitudinal y transversal de media severidad (FHWA, 2014)</p>	<p>Media (M)</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Grieta sin relleno de ancho menor a 10 y 76mm.</li> <li>2. Grieta sin relleno de cualquier ancho hasta 76 mm rodeada de pequeñas grietas aleatorias.</li> <li>3. Grieta rellena de cualquier ancho, rodeado de grietas pequeñas aleatorias.</li> </ol>
	 <p>Figura 15. Grieta longitudinal y transversal de alta severidad (FHWA, 2014).</p>	<p>Alta (H)</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Cualquier grieta rellena o no, rodeada de agrietamiento aleatoria de media o alta severidad.</li> <li>2. Grietas sin relleno de más de 76 mm</li> <li>3. Grieta de cualquier ancho, severamente fracturada.</li> </ol>

Tabla 11. Parches y parches de cortes utilitarios.

Unidad	m <sup>2</sup>
<b>Descripción</b>	Área de pavimento la cual ha sido reemplazada con material nuevo para reparar el pavimento existente, y los de corte utilitarios son aquellos que se colocan por la reparación de tuberías de agua, desagüe, instalaciones, etc.
<b>Severidad</b>	 <p>Figura 16. Parches de baja severidad (FHWA, 2014).</p>
	 <p>Figura 17 . Parches de media severidad (FHWA, 2014).</p>

Baja (L): Parche en buena condición y calidad de tránsito se califica de baja severidad.

Media (M): Parche moderadamente deteriorado y calidad de tránsito se califica de media severidad.



	 <p data-bbox="500 844 1058 869">Figura 18. Parches de alta severidad (FHWA, 2014).</p>	<p>Alta (H): Parche deteriorado y la calidad de tránsito se califica de alta severidad.</p>
--	---	---

Tabla 12. Pulimiento de agregados.


Unidad	m <sup>2</sup>	
<b>Descripción</b>	Causado por la repetición de cargas de tránsito, volviéndose suave el agregado de la superficie, disminuyendo la adherencia de la llanta con el pavimento.	
<b>Severidad</b>	 <p data-bbox="467 1696 1019 1722">Figura 19. Pulimiento de agregados (FHWA, 2014).</p>	<p>No se define ningún nivel de severidad, sino el grado de pulimiento del agregado debe ser significativo, antes de ser incluido en una evaluación de condición y contabilizado como defecto.</p>

Tabla 13: Meteorización de Agregados

Tipo	Meteorización/Desprendimientos de agregados		Unidad	m <sup>2</sup>
Descripción	Desintegración superficial del pavimento por pérdida de ligante asfáltico; y el desprendimiento de los agregados se refiere a partículas sueltas o removidas.			
Origen	Derrames de aceites, mezcla presente es de pobre calidad con ligante insuficiente, agregaos sucios o muy absorbentes.			
Severidad	 <p>Figura 20. Meteorización de baja severidad (ASTM D 6433-11, 2007)</p>		Baja (L): Inicia el desprendimiento de agregados o pérdida ligante de la superficie.	
	 <p>Figura 21 . Meteorización de media severidad (ASTM D 6433-11, 2007)</p>		Media (M): Se ha perdido los agregados o el ligante y su textura es ligeramente rugosa y ahuecada.	

		<p>Alta (H): Se ha perdido los agregados o el ligante en forma considerable, su textura es rugosa y extremadamente ahuecada con diámetros menores a 10 mm y 13 mm de profundidad.</p>
	<p>Figura 22. Meteorización de alta severidad (ASTM D 6433-11, 2007)</p>	

### 1.5. Accidentalidad en las vías

Un accidente de tránsito está definido como un suceso, muchas veces involuntario por un vehículo en movimiento, que causa severos daños tanto a personas como a bienes involucrados en el mismo (Código nacional de tránsito terrestre, 2002). Klevens, indica que los accidentes de tránsito pueden deberse a: características de la vía, condiciones ambientales, diseño del vehículo y factores humanos (errores y violaciones intencionales) (Klevens, 1998).

Siendo la vía el escenario en donde el tráfico se realiza, constituye un elemento de gran importancia ya que su construcción, renovación, mantenimiento y conservación requiere largos plazos de tiempo y fuertes inversiones. Por lo que se requiere una proyección exacta del volumen y naturaleza del tráfico actual y futuro, así como una planificación técnica para la construcción de nuevas vías.

Una de las causas de esta gran problemática se debe a que la accidentalidad vial no está tomada como un riesgo susceptible a convertirse en desastre, por lo que no se generan mitigaciones o prevenciones para evitarla. *“La razón de este pensamiento es que los accidentes de tránsito se presentan de manera continua y no concentrada en el tiempo, y en espacios que no se evidencian por sí mismos (Cifuentes, 2014) ”.*





### 1.5.1. Correlación de las propiedades superficiales con la accidentalidad

Las características funcionales o superficiales que debe brindar un pavimento afectan especialmente a los usuarios y corresponden a la superficie del pavimento.

Andrés Costa en su artículo sobre La seguridad vial en la Carretera señala que: “En la seguridad vial de una carretera las características superficiales que intervienen son la regularidad superficial y la textura. (Costa, 2005)”.

En la Tabla 14 se presenta la relación de las propiedades superficiales tales como: macrotextura, rugosidad y PCI con la accidentalidad vial.

Tabla 14. Correlación de las propiedades superficiales con la accidentalidad vial.

<b>Factor</b>	<b>Relación Con Propiedades Superficiales</b>
Resistencia al deslizamiento	Lograda con una adecuada textura superficial, de acuerdo a las velocidades de circulación, proporcionando seguridad (Fleites, 2017).
Evacuación del agua	La macrotextura influye en la capacidad de evacuar el agua, evitando deslizamiento del vehículo por hidroplaneo (formación de una lámina de agua entre el neumático y el pavimento que anula la resistencia al deslizamiento de este último) (Pagola, 2002).
Calidad y comodidad de rodadura de los vehículos	Mientras menor sea la rugosidad en el pavimento, brindará mayor seguridad y confort para los usuarios, además influirá en el aumento de vida útil del mismo y requerirá un menor número de intervenciones (Pradena, 2006). Vías con condiciones de irregularidad alta y grietas dificultan el manejo debido a cambios de velocidad y movimientos bruscos para evitar las grietas, lo cual puede terminar en accidentes de tránsito (Lavaud, 2016).
PCI	Mientras mayor sea el PCI de una vía, la seguridad vial incrementará. Al ser este índice un valor de la evaluación de las condiciones superficiales del pavimento permite fijar intervenciones eficaces o tratamientos.





En el caso que una vía presente altos volúmenes de tránsito diarios, el pavimento está sometido a un efecto de pulimento alto por efecto de la constante fricción entre éste y las llantas de los vehículos. Esta problemática crece cuando una parte significativa de tránsito lo componen autobuses y vehículos pesados. Los cuales, por las continuas paradas y puestas en marcha, hacen que las zonas de la superficie de rodamiento en que se realizan tales maniobras pierdan rugosidad y textura con mayor rapidez que otras partes de la vía. Estos lugares, presentan un elevado pulimento y en consecuencia un coeficiente de rozamiento bajo. Esta situación, obliga a que la distancia necesaria para frenar la marcha de un vehículo sea mayor que en otros sectores o puntos de la vía (Matamoros, s.f).

Como se puede percibir existe una relación entre las propiedades superficiales del pavimento y la accidentalidad, por ello los sistemas de gestión deben tratar de mantener una buena calidad de servicio, programando rehabilitaciones a tiempo con recursos suficientes.

#### 1.5.2. Tiempo de percepción y reacción

Cal y Mayor junto con Grisales, indican que el tiempo necesario para llevar a la acción la toma de decisiones dependiendo de la complejidad del problema y características del conductor, es de 2.5 segundos para situaciones de distancias de parada, recomendadas para fines de proyecto (Cal y Mayor & Grisales, 1999).



## CAPÍTULO 3: MATERIALES Y MÉTODOS

### 3.1. Zona de estudio: Av. de las Américas

La Av. De las Américas, ubicada al norte de la ciudad con una longitud de 12.38 km, se considera como una arteria principal, siendo una de las más transitadas con un volumen de 45000 vehículos por día según la Dirección de Municipalidad de Tránsito (DMT). Puesto que se conecta con varios puntos de la ciudad con una circulación vehicular que va desde el Este hacia el Oeste y viceversa como se muestra en la *Figura 23*.

La Av. de las Américas presenta un diseño de pavimento rígido el cual tuvo dos etapas, primero se procedió con la construcción del carril derecho en el mes de noviembre de 1981, siguiendo con el carril izquierdo en el mes de agosto del siguiente año, finalizando la construcción en mayo de 1983 (Astudillo, 1987).

El recapeo se realizó entre el año 2009 y 2010, a cargo de la Constructora Carvallo CIA. LTDA. Comprendido por una carpeta asfáltica de espesor de 2 pulgadas.



Figura 23. Ubicación de la Av. De las Américas (Google Maps).



### 3.1.1. Velocidad en la Av. de las Américas

Según el “Manual de normas básicas sobre infracciones de tránsito y su procedimiento en el código orgánico integral penal - COIP “de La Empresa de Movilidad, Tránsito y Transporte (EMOV-EP), la cual es la encargada de gestionar, administrar, regular y controlar el sistema de tránsito y transporte y seguridad vial de la ciudad de Cuenca. Establece diferentes límites de velocidad para vías urbanas y cada tipo de vehículo mostrado en la *Tabla 15* (EMOV-EP, s.f.).

Tabla 15. Límites máximos y rangos moderados de velocidad vehicular permitidos para vías urbanas (EMOV-EP)

<b>Tipo de vehículo</b>	<b>Límite máximo</b>	<b>Rango moderado (Art. 142.g de la ley)</b>	<b>Fuera de rango moderado (Art. 145.e de la ley)</b>
<b>Livianos, motocicletas y similares</b>	50 km/h	50 km/h -< 60 km/h	60 km/h
<b>Transporte público de pasajeros.</b>	40 km/h	40 km/h -< 50 km/h	50 km/h
<b>Transporte de carga</b>	40 km/h	40 km/h -< 50 km/h	50km/h

### 3.1.2. Accidentalidad de la Av. de las Américas

Debido al gran flujo vehicular que abarca esta vía, existe una gran variedad de accidentes de tránsito, teniendo daños materiales como también muertes. El Consejo de Seguridad Ciudadana de Cuenca (CSCC) junto al ECU 911 y la fiscalía, son los encargados de la recopilación de los accidentes ocurridos en Cuenca.

Según los datos del CSCC desde el año 2013 hasta el 2017 se tienen un total de 857 accidentes de tránsito ocurridos en la Av. De las Américas con diferentes causas, las cuales se muestran en la *Tabla 16*.

Tabla 16. Número de accidentes

<b>Causa</b>	<b>Número De Accidentes</b>
Embriaguez del conductor	134
Embriaguez del peatón	17
Exceso de velocidad	30

Factor vial	1
Fallas mecánicas	4
Fortuito	6
Impericia del conductor	8
Imprudencia del conductor	398
Imprudencia del peatón	24
Indeterminado	181
Irrespeto de señalización	50
Otros	3
Sin dato	1
<b>Total de Accidentes</b>	<b>857</b>

En la *Figura 24* se muestra la cantidad de accidentes que se han dado a lo largo de la Av. De las Américas en los años mencionados.

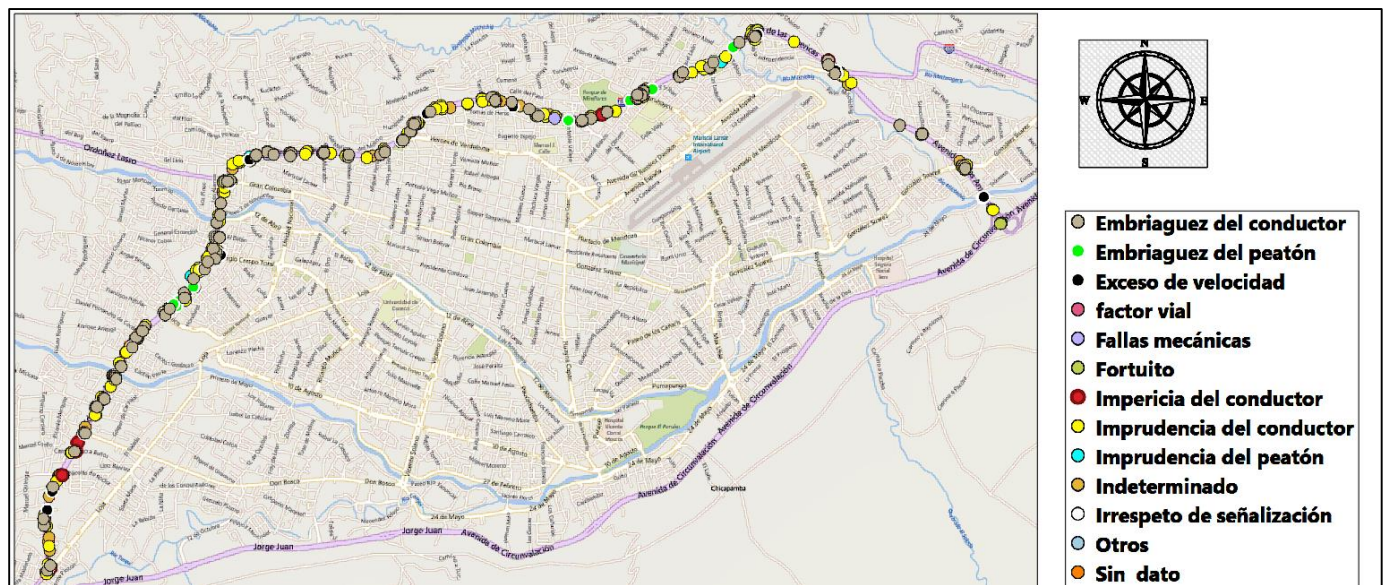


Figura 24. Mapa de accidentes en la Av. de las Américas Fuente CSCC.

### 3.2. Localización de Puntos Críticos

Teniendo la información en formato SHAPE sobre la accidentalidad en la Av. De las Américas, se utilizó el software libre QGIS para filtrar y seleccionar los puntos a ser analizados, en total existen alrededor de 13 causantes de la accidentalidad.



Como parte del análisis, las causas que fueron consideradas se presentan en la Tabla 17. Esta selección fue realizada de manera que los accidentes ocasionados puedan relacionarse con las propiedades superficiales del pavimento, ya sea: macrotextura, rugosidad o la condición del mismo. Se tomaron también las causas denominadas “Indeterminadas”, “Sin dato” y “Otros” para evaluar si en esas zonas se puede tratar de una falta o incumplimiento de las propiedades antes mencionadas, ya que como su nombre lo indica no se tiene de manera certera el motivo que pudo provocar el accidente de tránsito.

Tabla 17. Causas de accidentalidad en la Av. de las Américas.

Exceso de Velocidad
Factor Vial
Fortuito
Indeterminado
Sin Dato
Otro

En la Figura 25 se presentan el total de puntos luego del filtrado de datos, dando como resultado 222 puntos en toda la Av. De las Américas.

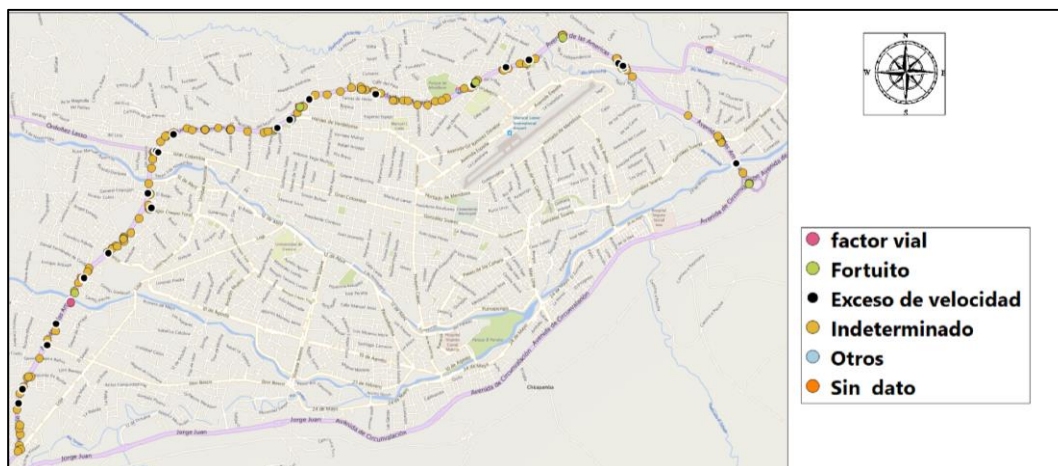


Figura 25. Mapa de accidentes en la Av. de las Américas luego del filtro de datos.



Debido a la gran extensión que presenta la zona de estudio, se seleccionaron los tramos con mayor densidad en puntos, es decir, las zonas donde se produce un mayor número de accidentalidad. Además de descartar puntos existentes en ciertas intersecciones con semáforos o redondeles que pueden deberse a un mal diseño geométrico o imprudencia del conductor, que no están relacionados con el estudio, obteniéndose un total de cinco tramos. Para llegar a una comparación en la *Tabla 19* se muestran los tramos en donde no se suscitaron accidentes con las causas mencionadas en la *Tabla 17*.

Tabla 18. Tramos de mayor accidentalidad en la Av. de las Américas.

Tramos	Sentido	Número De Accidentes
González Suárez y Américas (Figura 26)	Doble sentido (EO-OE)	8
Parque Jacaranda hasta calle Obispo Miguel León. (Figura 27)	Este Oeste hacia Parque Miraflores	7
Parque Miraflores. (Figura 28)	Este- Oeste hacia la Basílica	6
Daniel Alvarado hasta Miguel Vélez (Bomberos). (Figura 29)	Oeste-Este hacia la Basílica	8
Carlos Vega Arizaga hasta Francisco Aguilar. (Figura 30)	Norte-Sur hacia el Control Sur	8

Tabla 19. Tramos sin accidentalidad en la Av. de las Américas.

Tramos	Sentido
Parque Miraflores. (Figura 28)	Oeste-Este hacia Parque Jacaranda.
Daniel Alvarado hasta Miguel Vélez (Bomberos). (Figura 29)	Este -Oeste hacia Redondel Eloy Alfaro.

En la *Tabla 18* y *Tabla 19* se muestran los tramos de estudio, de los cuales serán obtenidas las propiedades superficiales del pavimento como: macrotextura, rugosidad e índice de condición del pavimento.



Figura 26. Tramo 1- González Suárez y Américas.



Figura 27. Tramo 2- Parque Jacaranda hasta Obispo Miguel León.





Figura 28. Tramo 3- Parque Miraflores.



Figura 29. Tramo 4- Daniel Alvarado hasta Miguel Vèlez.



Figura 30. Tramo 5- Carlos Vega Arizaga hasta Francisco Aguilar.

Para la toma de datos de las siguientes propiedades superficiales se consideró una distancia previa a los accidentes de 50 m, distancia que fue obtenida considerando el tiempo de percepción y reacción de 2,5 segundos dados por (Cal y Mayor y Grisales, 1999). De la siguiente manera:

Tabla 20. Distancia previa a accidente de tránsito por tiempo de percepción y reacción.

Tiempo de percepción y reacción (t)	2.5 segundos
Velocidad en Av. de las Américas (v)	60km/h – 70 km/h
Distancia (e)	$e = v * t$ $e = 50m$

### 3.3. Ensayo de Campo Sand Patch

Debido al alto volumen vehicular presentado en la Av. De las Américas y a las altas velocidades que transitan los vehículos, el ensayo fue realizado a la madrugada a partir de las 0:00 horas, con el apoyo de los agentes de tránsito de la EMOV y conos de seguridad.



Figura 31. Realización de ensayo Sand Patch.

Para llevar a cabo el ensayo se utilizó la norma ASTM E965-15 *Standard Test Method for Measuring Pavement Macrotexture Depth Using a Volumetric Technique*. A continuación, se presentan los materiales utilizados y el procedimiento ejecutado en campo.

## Materiales

- **Arena**

La norma ASTM E965 indica como parte de material utilizar esferas de vidrio, previamente caracterizadas mediante un equipo para garantizar la redondez de las mismas. Sin embargo, por falta del equipo, fue utilizada arena de sílice para la determinación de macrotextura, la cual cumple con las especificaciones de las normas del Instituto Nacional de Vías INV E- 791-07 que es arena tipo 50-100, que pasa por el tamiz No. 50 y queda retenida en el tamiz No. 100.



Figura 32. Arena sílice utilizada.



- **Recipiente de muestra**

Fue utilizado un recipiente cilíndrico de plástico con volumen predeterminado de al menos 25000 mm<sup>3</sup> especificado por la normativa, para determinar el volumen de la arena extendida.

- **Herramienta esparcidora**

Se empleó un disco duro plano de aproximadamente 25 mm de grosor y de 60 a 75 mm de diámetro para esparcir la arena. La superficie inferior se encuentra cubierta con un material de goma dura (caucho), unida con un mango adecuado a la superficie superior del disco.

- **Cepillos limpiadores**

Para limpiar a fondo la superficie del pavimento se utilizaron cepillos de cerdas suaves y duras, previo a la aplicación de la muestra de material.

- **Pantalla de viento**

La normativa señala que se debe colocar una pantalla o escudo adecuado en la superficie del pavimento para así proteger la muestra de material, tanto del viento como la turbulencia generada por el tráfico.

Para ello, se utilizó un tipo marco de madera de dimensiones 50 por 50 cm con un alto de 10 cm como pantalla de viento.



Figura 33. Materiales utilizados para el ensayo.



## **Procedimiento**

### **Área de Prueba**

- Se inspeccionó la superficie del pavimento para realizar el ensayo en áreas secas y homogéneas que no contengan características localizadas como grietas o juntas.
- Con el uso de los cepillos tanto de cerdas suaves como duras se limpió a fondo la superficie del pavimento para eliminar cualquier residuo visible, escombros o partículas sueltas.
- Como precaución para evitar que el viento, vibración y la conducción del vehículo afecten la medición, se ocupó la pantalla de viento portátil alrededor del área de prueba.

### **Muestra de Material**

- Se llenó el cilindro de volumen conocido de 30 cm<sup>3</sup> de arena de sílice para todos los ensayos, observando que la arena esté seca y el volumen sea lo más exacto para tener resultados favorables del ensayo.

### **Medición de Prueba**

- Se colocó el volumen del material sobre la superficie del pavimento limpia dentro del área protegida por la pantalla de viento.
- Utilizando la herramienta esparcidora se extendió cuidadosamente el material formando un círculo, llenando los huecos de la superficie con las partículas del material agregado.
- Finalmente, se midió y registró el diámetro del área circular cubierta.

De acuerdo a la homogeneidad del pavimento en cada punto de estudio fueron realizados 4 ensayos, tanto en el eje derecho como izquierdo de la vía.

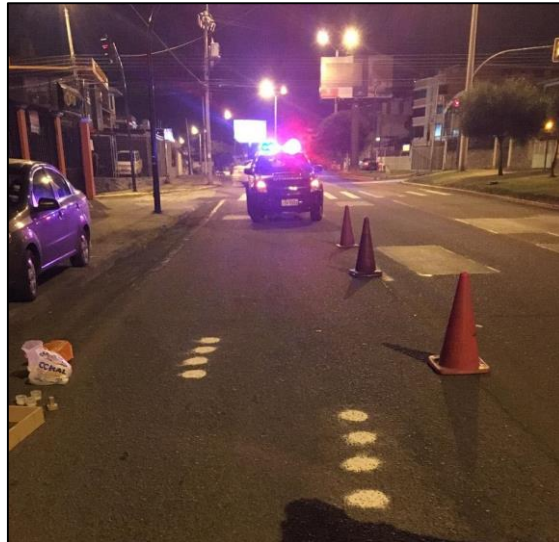
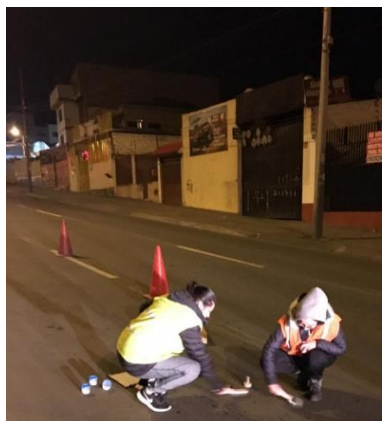


Figura 34. Separación entre puntos de ensayo Sand Patch



*Limpieza de la superficie.*



*Extensión de la arena.*



*Medición del círculo.*

Figura 35. Realización del ensayo Sand Patch.

A continuación, se muestra uno de los cálculos de macrotextura para uno de los tramos analizados, el cual corresponde a González Suárez y Américas sentido E-O.



Tabla 21. Diámetros obtenidos con el Ensayo Sand Patch. Tramo González Suárez y Américas, sentido E-O.

		Diámetro (cm)															
Carril	Eje	1				2				3				4			
Derecho	Derecho	19	18	18	18	17	18	16	17	16	17	17	18	18	17	16	18
	Izquierdo	16	19	18	18	16	17	19	18	17	18	16	16	17	17	18	18
Izquierdo	Derecho	17	19	16	19	16	15	18	16	18	16	18	18	19	20	19	19
	Izquierdo	16	17	18	17	18	18	17	18	19	18	18	17	16	19	18	19

La *Tabla 21* contiene los diámetros medidos en campo, mediante el Ensayo Sand Patch. Como se puede observar para cada carril se tomó un total de ocho mediciones, con cuatro mediciones por eje. Luego se obtuvo un promedio de diámetros por cada eje y por cada carril. Finalmente, se obtuvo la macrotextura mediante la *Ecuación 1*. En la *Tabla 22* se tiene el proceso mencionado.

Tabla 22. Cálculo de macrotextura. Tramo González Suárez y Américas, sentido E-O.

		DIÁMETRO (cm)					H
Carril	Eje	1	2	3	4	Promedio	(mm)
Derecho	Derecho	18,25	17,00	17,00	17,25	17,38	1,3
	Izquierdo	17,75	17,50	16,75	17,50		
Izquierdo	Derecho	17,75	16,25	17,50	19,25	17,69	1,2
	Izquierdo	17,00	17,75	18,00	18,00		

### 3.4. PCI

En cuanto al equipo utilizado para la inspección en campo fue:

- Cinta métrica
- Manual de daños del PCI con los formatos correspondientes.

### Determinación de unidades de muestreo

Debido a los objetivos planteados en el presente trabajo, las unidades de muestreo serán los tramos que presentan mayor incidencia de accidentalidad, mostrados en la *Tabla 18*.

La longitud de cada tramo fue determinada por la localización de los puntos, considerando la longitud previa a la zona del accidente de 50 m dado por el tiempo de percepción y reacción mencionada anteriormente. Tomando en cuenta las fallas existentes que pudieron dar cabida al suceso.



Figura 36. Determinación de unidades de muestreo.

### **Inspección de unidades de muestra seleccionadas y cálculo de PCI.**

Determinadas las unidades de muestra, se procedió a realizar la inspección recorriendo cada tramo seleccionado, observando atentamente las fallas existentes y midiendo el tamaño de las mismas, además del grado de severidad. Toda esta información fue registrada en el formato determinado (*Anexo 3*).

A continuación, se muestran algunas fotografías de las fallas encontradas en cierto tramo de la Av. de las Américas:





Figura 37. Parche en Tramo- Carlos Vega Arizaga hasta Francisco Aguilar, con severidad media.





Figura 38. Fisura Transversal en Tramo- Carlos Vega Arizaga hasta Francisco Aguilar, con severidad media.



Figura 39. Fisura Longitudinal en Tramo- Carlos Vega Arizaga hasta Francisco Aguilar, con severidad media.



Figura 40. Medición de Fisura Transversal en Tramo- - Carlos Vega Arizaga hasta Francisco Aguilar para cálculo de PCI.



Figura 41. Meteorización de agregados en Tramo González Suarez.

La *Tabla 23* presenta el inventario de fallas existentes en el Tramo González Suárez E-O, carril izquierdo. En donde fue determinada la existencia de un parche de severidad media. Fisuras longitudinales y transversales de severidad media sin relleno de ancho menor a 10 y 76 mm, dados por la ASTM D 6433-11. Se tiene también la presencia de meteorización de agregados.

Tabla 23. Inventario de fallas en el Tramo González Suárez E-O carril izquierdo.

Falla	Unidad	Severidad	Largo (m)	Ancho (m)	Prof. (mm)	Total
Parche	m <sup>2</sup>	M	1.6	1.75		2.8
Fisura Longitudinal y/o Transversal	m	M	10	-	12	10
Meteorización de agregados	m <sup>2</sup>	H	50	0.8		40

En base al inventario de fallas se procedió a determinar el PCI de la muestra, siguiendo el procedimiento descrito en la Sección 2.4 Apartado 3 “Cálculo del PCI”:

- Se sumó la cantidad total de cada tipo de falla para cada nivel de severidad.
- Posteriormente se obtuvo la densidad porcentual de cada una de las fallas en cada uno de los niveles de severidad, dividiendo la cantidad total de cada tipo de falla, entre el área total de la unidad de muestra.
- Se continuó por determinar el valor deducido (VD) para cada combinación de tipo de falla junto con el nivel de severidad, utilizando las curvas de valor deducido de fallas (*Anexo 1*). Se ingresa con el porcentaje de densidad hasta que intercepte la curva de nivel de severidad. En las *Figuras 36-38* se indica el proceso para determinar el valor deducido para cada tipo de falla definida en el Tramo González Suárez E-O.

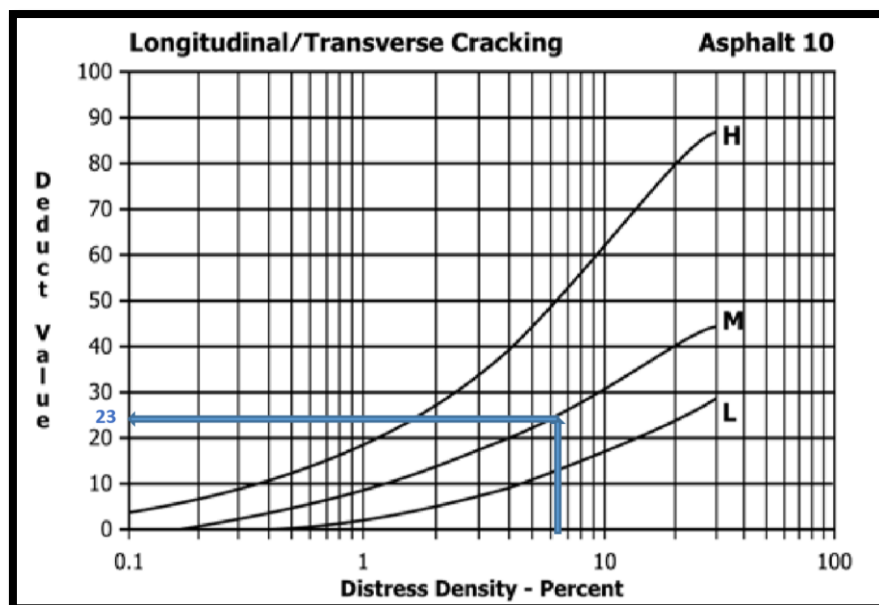


Figura 42. Valor deducido de Falla Fisuras Longitudinales y Transversales (PCI, 2002).

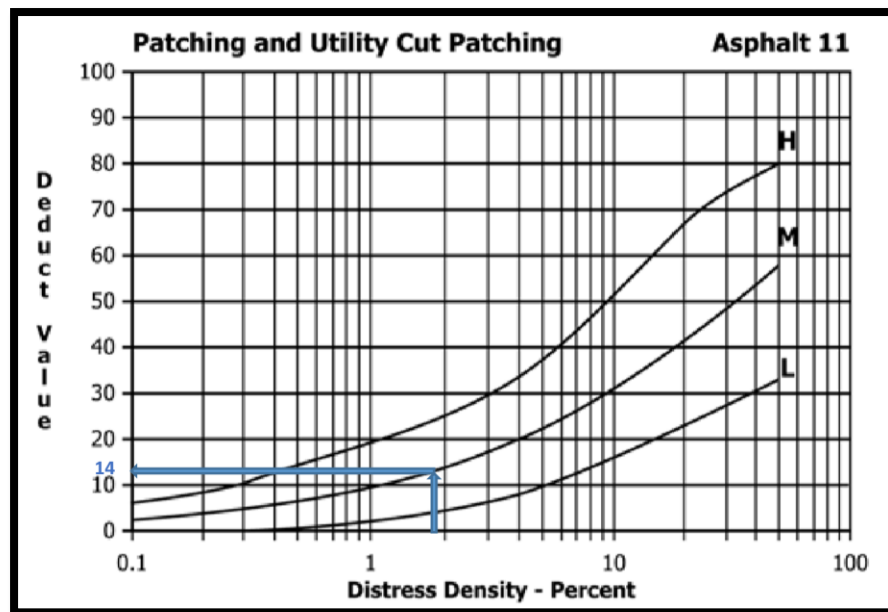


Figura 43. Valor deducido de Falla Parche (PCI, 2002).

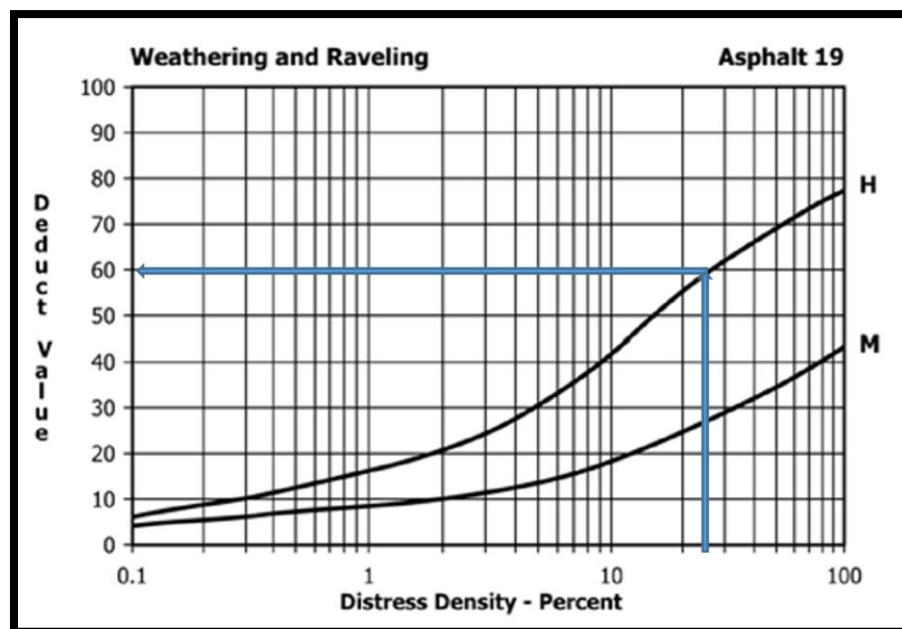


Figura 44. Valor deducido de Falla Meteorización de Agregados (PCI, 2002).





Posterior a determinar los valores deducidos para cada tipo de falla, se calcula el valor de deducción total ( **$VDT=97$** ), que es igual a la sumatoria de todos los valores de deducción de cada tipo de falla individual, el máximo valor deducido corregido ( **$CDV=64$** ), el número de valores deducidos que sean mayores que dos (2) ( **$q=3$** ) y el número de deducciones permisibles ( **$m=4.67$** ). En este caso el número de valores deducidos (3) es menor al número de deducciones permisibles. En la *Tabla 24* se muestra los resultados obtenidos como el porcentaje de densidad de falla, con los respectivos valores deducidos y demás parámetros necesarios para el cálculo del PCI.

Con los resultados obtenidos del cálculo de porcentaje de densidad con sus respectivos valores deducidos, se procedió a formar una tabla con los valores deducidos, ordenados en forma descendente hasta reducir a 2.0 el menor de los “Valores Deducidos” individuales que sea mayor que 2.0 y repetir este proceso de forma iterativa hasta que “q” sea igual a 1. Luego se determina el “Valor Deducido Total” (TDV), sumando los valores deducidos individuales para cada iteración de “q”.

Tabla 24. Valores deducidos de fallas existentes en el Tramo González Suárez E-O.

Método PCI								
Índice De Condicional Del Pavimento En Vías De Pavimento Flexible								
Hoja De Registro								
Nombre de la vía:		Av. de las Américas		Tramo:		Tramo González Suárez E-O.		
Ejecutor:		María José Barriga-Jéssica Chaca		Sección:		1		
				Fecha:		5/ Septiembre/2019		
1. Piel de cocodrilo (m²)		6. Depresión (m²)		11. Parches (m²)		16. Desplazamiento (m²)		
2. Exudación (m²)		7. Fisura de borde (m)		12. Agregado Pulido (m²)		17. Fisura Parabólica o por desplazamiento (m²)		
3. Fisuras en bloque (m²)		8. Fisura de reflexión de junta (m)		13. Baches (unidad)		18. Hinchamiento (m²)		
4. Abultamientos y hundimientos (m)		9. Desnivel carril-berma (m)		14. Cruce de vía férrea (m²)		19. Meteorización (m²)		
5. Corrugación (m²)		10. Fisuras longitudinales y transversal (m)		15. Ahuellamiento (m²)				
Falla		Cantidad		Total		Densidad	VD	VDT
11M	2.8				2.8	1.81	14	97
10M	10				10	6.45	23	
19H	40				40	25.81	60	
							m	4.67
							q	3

En función de los valores “q” y “TDV”, se determina el valor de CDV en la curva de corrección de acuerdo al tipo de pavimento flexible (*Anexo 2*). Este valor se determina ingresando con el valor de TDV hasta que se intercepte en la curva respectiva de q.

En la *Figura 45* se muestra un diagrama con la determinación de los valores CDV para cada combinación de valores TDV y q.

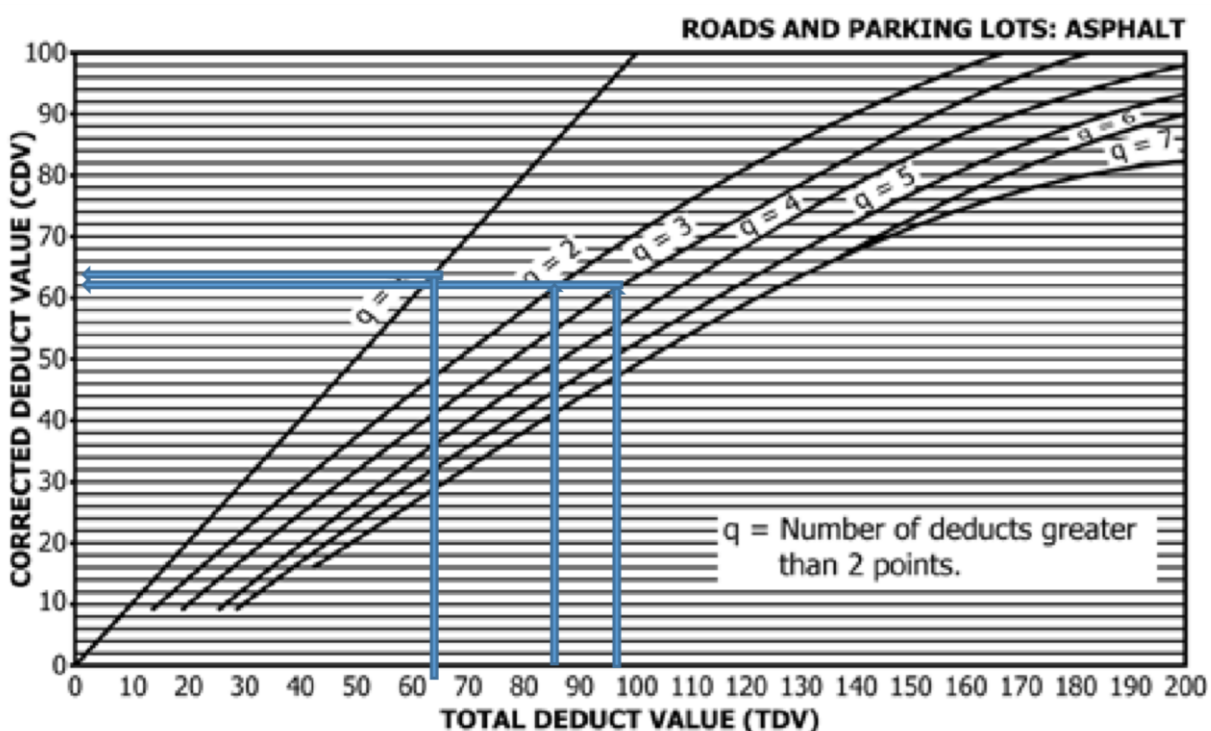


Figura 45. Determinación del Valor Deducido Corregido.

Determinados los valores deducidos corregidos, se puede encontrar “HDV”, que es el mayor de todos los CDVs, mismo que sirve para el cálculo del PCI del tramo. En la *Tabla 25* se presentan los resultados del cálculo de los valores deducidos corregidos para el tramo de análisis, en donde se determina que HDV= 68, a partir del cual se realiza el cálculo del PCI. Los resultados del PCI para este tramo con su respectiva clasificación y simbología se muestran en la *Tabla 26*.



Tabla 25. Valores deducidos corregidos para el Tramo González Suárez E-O carril Izquierdo.

Cálculo Del PCI						
#	Valor Deducido			TDV	q	CDV
1	60	23	14	97	3	62
2	60	23	2	85	2	62
3	60	2	2	64	1	64

Tabla 26. PCI Tramo González Suárez E-O carril Izquierdo.

HDV	64
PCI	36
Clasificación	Malo

Este procedimiento fue realizado para cada uno de los tramos seleccionados. los datos obtenidos de las siguientes inspecciones, además de los cálculos para determinar el PCI se presentan en el *Anexo 4*.

### 3.5. IRI

#### 3.5.1. IRI mediante Roadroid

#### Materiales

##### Smartphone inteligente y sujetador.

Para la medición de rugosidad se empleó la aplicación Roadroid, obtenida de manera gratuita por tratarse de propósitos investigativos. Teniendo la aplicación se pudo registrar una cuenta que permite descargar los datos medidos en la zona de estudio. El Smartphone que fue utilizado para la toma de datos fue un Xiaomi Redmi S2, como se muestra en la *Figura 46*, colocándolo en el parabrisas del vehículo con un sujetador de manera horizontal, manteniéndolo de manera fija.





Figura 46. Smartphone inteligente “Xiaomi Redmi s2” y sujetador.

## Vehículo

El vehículo empleado para la medición fue un modelo Aveo Chevrolet Emotion con año de fabricación 2011, como se muestra en la *Figura 47*, que según la aplicación es considerado como Big Sedan. Previo a la toma de datos, fueron revisados los amortiguadores, presión en los neumáticos, balanceo y alineación, para que de esta manera el vehículo no tome los datos de manera inclinada e interfiera con los valores de rugosidad obtenidos mediante la aplicación.



Figura 47. Vehículo empleado en la medición de IRI.



## Metodología

Ya que la aplicación recomienda ir a una velocidad constante, las mediciones se realizaron en horas de la madrugada a las 00:00 horas, de manera que el tráfico no interfiera en la velocidad.

### Recopilación de datos.

Para la recopilación de datos se siguió el manual de “Fundamentos para uso profesional” de Roadroid, el cual establece instalar correctamente el sujetador del Smartphone en el parabrisas de una manera fija, estable, segura y accesible para poder tocar la pantalla del mismo. Se recomienda que el Smartphone esté en posición horizontal y recta, para el uso de la función GPS.

Una vez instalado el equipo e iniciada sesión en la aplicación, con el usuario y contraseña proporcionado por Roadroid Survey Systems, se procedió a la configuración de la aplicación con el tipo de vehículo utilizado, como se presenta en la *Figura 48*.

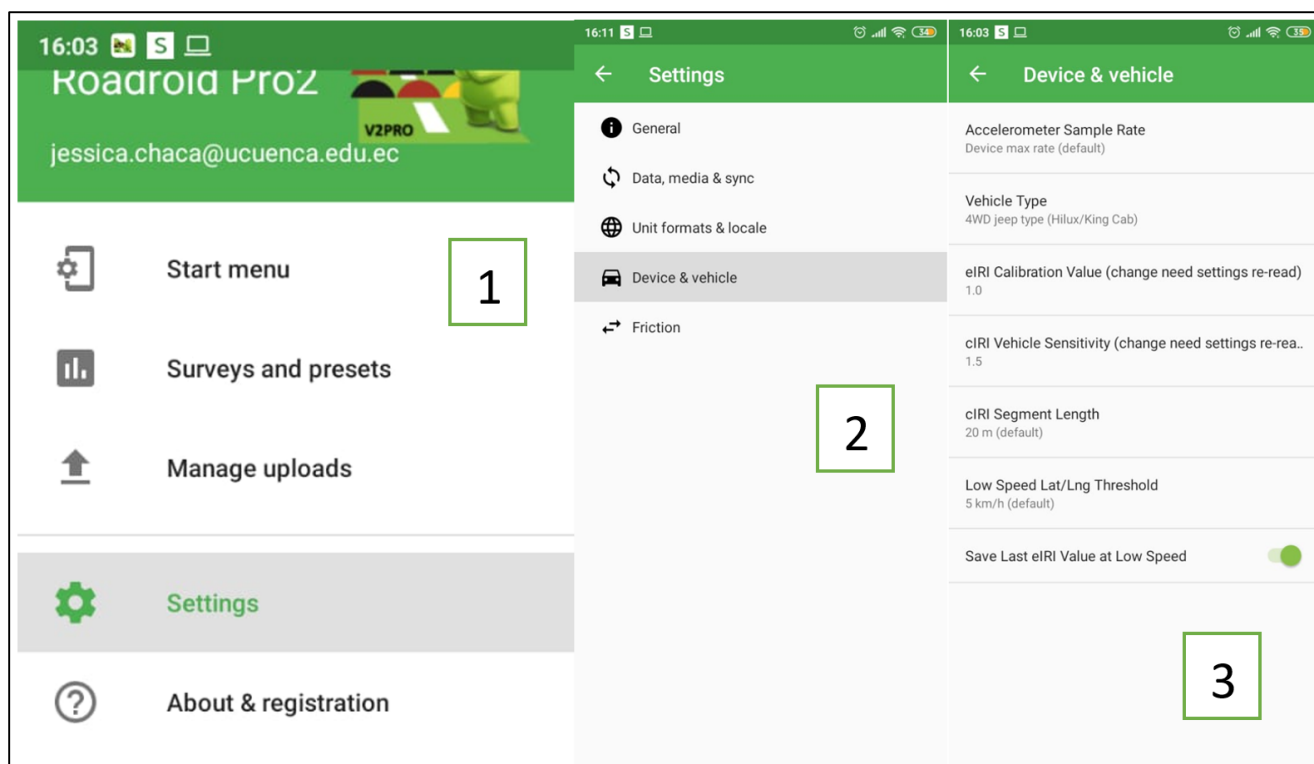


Figura 48. Configuración de vehículo en Roadroid.

Luego de realizar la configuración correspondiente, aparece una pantalla como la que se muestra en la Figura 49, en la que las tolerancias de los ejes X,Y,Z sean valores cercanos a cero y así el



botón de correcto cambie de amarillo a verde, significando que el Smartphone se encuentra en una correcta posición. Para proceder con la asignación del nombre proporcionado al recorrido, se inicia el recorrido y la toma de datos recordando que para la obtención del eIRI, se debe estar a una velocidad de 20 a 100km/h y para el cIRI a una velocidad de 60 a 90 km/h.

En campo, se empleó una velocidad constante de 60 km/h, puesto que es el límite de velocidad para la Av. de las Américas. El mismo procedimiento se lo repitió 3 veces para cada carril, y así poder obtener un promedio y más datos para el análisis de los resultados del IRI.

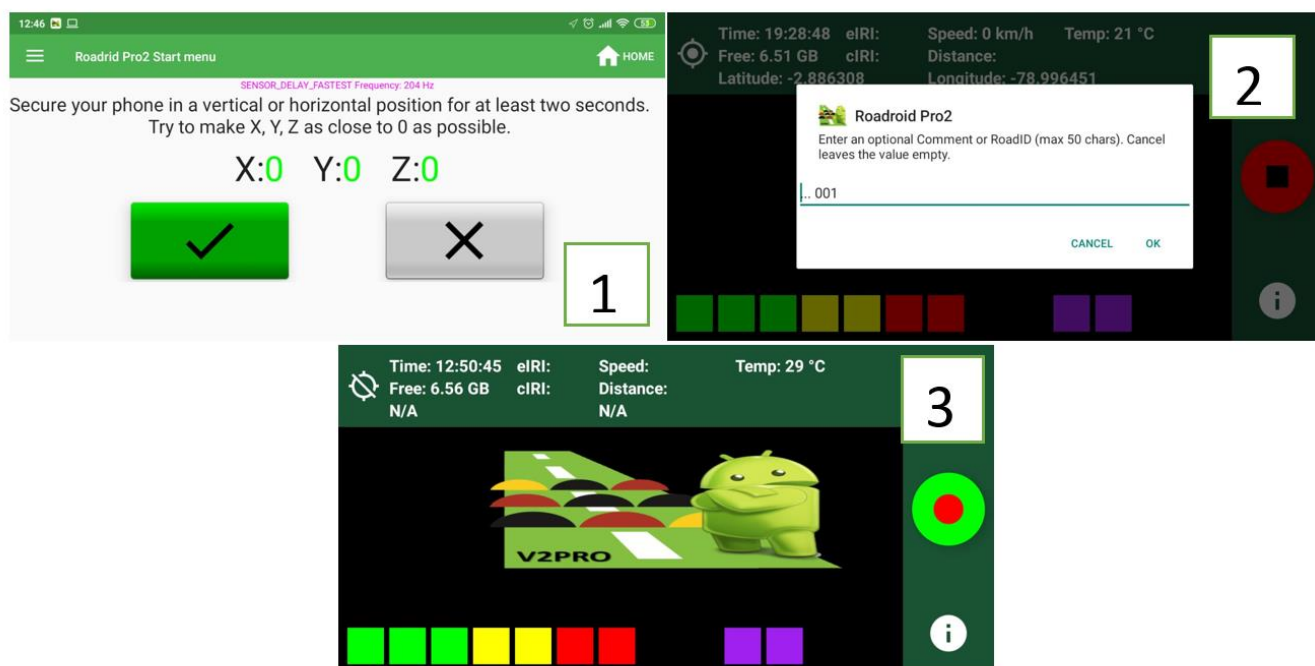


Figura 49. Ajustes del Smartphone.

### Carga y descarga de datos.

Es necesario que el Smartphone se encuentre con una conexión a Internet ya sea por medio de datos móviles o Wifi, e iniciado sesión con la cuenta proporcionada. En la opción del menú se encontrará la opción “Manage uploads”, la cual permite cargar los archivos seleccionando a la página web con la opción de “Upload Data And Media” como se observa en la *Figura 50*.

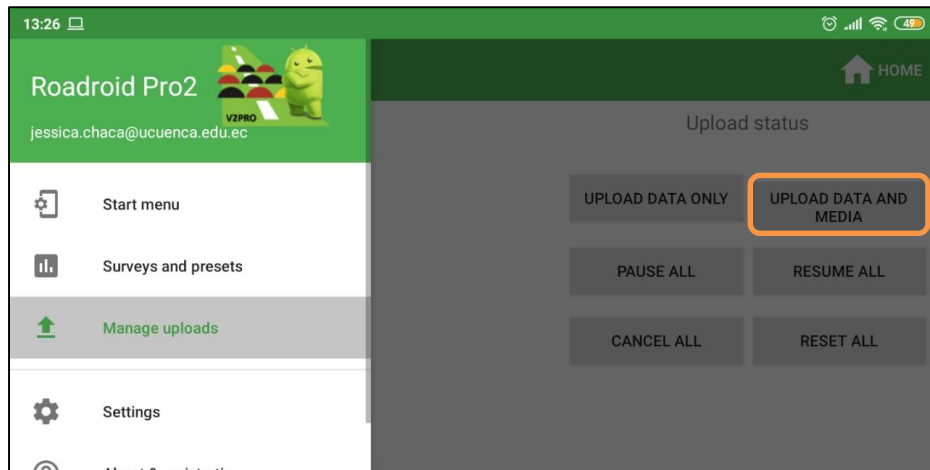


Figura 50. Subida de datos a la página web.

Para poder descargar los datos de IRI a la computadora, se inicia sesión en la página web: <http://www.roadroid.com/Account/Login> con la contraseña y usuario proporcionado con anterioridad. En la parte superior derecha se encuentra “Import History”, el cual permite visualizar todos los datos de los recorridos obtenidos subidos desde el Smartphone como se presenta en la *Figura 51*.



The screenshot shows the ROADROID web application. At the top, there is a header with the ROADROID logo, account information (Account expire date: 2019-12-31, User Info: May 2018, Current system version: 2.6.6), and links for My Units, REM Report, Import history (highlighted with an orange box), and Log out. Below the header is a green navigation bar with links: Home, Road Condition, Road Inventory, Road Event Manager, Traffic Sensors, Change Report, and Information. The main content area is titled 'Import History List'. It includes a 'Show' dropdown set to 25, a search bar, and a 'Type' dropdown set to All. Below this is a table with 10 columns: Import date, User Name, Unit Name, Import Status, Avg eIRI, Avg cIRI, Avg Speed, Road Id, Survey Length (m), and Type. The table contains 5 rows of data, all with 'Import OK' status and 'RoadCondition' type. Each row has a 'Details' link in the last column, with the first one highlighted by an orange box.

Import date	User Name	Unit Name	Import Status	Avg eIRI	Avg cIRI	Avg Speed	Road Id	Survey Length (m)	Type
19/09/2019 22:10:54	unicuenca_ec	Jéssica Chaca	Import OK	9,8	9,3	22,4	Amer puente eo izquierda i1	430	RoadCondition
19/09/2019 22:10:53	unicuenca_ec	Jéssica Chaca	Import OK	11,6	13,1	24,6	Amer puente eo derecho d3	418	RoadCondition
19/09/2019 22:10:52	unicuenca_ec	Jéssica Chaca	Import OK	11,1	9,8	31,7	Amer puente oe izquierdo 3	532	RoadCondition
19/09/2019 22:10:51	unicuenca_ec	Jéssica Chaca	Import OK	11,4	8,7	28,4	Amer puente eo derecho d2	430	RoadCondition
19/09/2019 22:10:50	unicuenca_ec	Jéssica Chaca	Import OK	11,7	10,9	39,3	Amer puente oe izquierdo 2	475	RoadCondition

Figura 51. Datos de recorrido subidos en la página web.

Para la descarga se dirige a la parte de “Details”, la cual permite visualizar una ventana como la de la *Figura 52*, que permitirá descargar los datos en formato de texto, los cuales son trabajables en diferentes programas como en Excel.

The screenshot shows the 'Survey details' window. It contains two links: 'Show survey start- and endpoint on Google Maps' and 'Show survey data on map'. Below these are three buttons: 'Generate Shape File', 'Generate KML file', and 'Generate aggregate file' (highlighted with an orange box). To the right of the 'Generate aggregate file' button is a dropdown menu set to '5m' and the text 'Select aggregation length (meters)'.

Figura 52. Detalles de un recorrido.



## Procesamiento de datos

Previo al procesamiento de datos se tomaron las coordenadas de los puntos inicial y final de cada tramo analizado, con la ayuda de OSM Tracker *Figura 53*.



Figura 53. Icono de Aplicación OSM Tracker (OSM Tracker, 2018).

Con los datos descargados en formato .txt de la aplicación Roadroid se ingresaron en hojas de cálculo Excel, siguiendo por filtrar la información requerida según las coordenadas de cada tramo. En la *Figura 54* se muestra un ejemplo de filtrado de datos.





Latitude	Longitude	Distance(m)	Speed (km/h)	Altitude (m)	Grade (%)	eIRI	cIRI	RoadId
-2,8905273	-78,963543	145	65,52	2469,08	-6,9	6,15	5,81	gon eo izq
-2,8903883	-78,963643	150	65,52	2469,08	0	6,15	5,81	gon eo izq
-2,8903807	-78,963649	155	65,52	2469,08	0	6,15	5,81	gon eo izq
-2,8903801	-78,963649	160	65,52	2469,08	0	6,15	5,81	gon eo izq
-2,89038	-78,963649	165	67,84	2469,5	8,2	6,37	6,02	gon eo izq
-2,8902568	-78,963737	170	67,84	2469,5	0	6,37	6,02	gon eo izq
-2,8902442	-78,963746	175	67,84	2469,5	0	6,37	6,02	gon eo izq
-2,8902425	-78,963748	180	67,84	2469,5	0	6,37	6,02	gon eo izq
-2,8902423	-78,963748	185	68,74	2469,89	7,9	6,45	6,10	gon eo izq
-2,8901292	-78,963832	190	68,74	2469,89	0	6,45	6,10	gon eo izq
-2,8901114	-78,963845	195	68,74	2469,89	0	6,45	6,10	gon eo izq
-2,890108	-78,963848	200	68,74	2469,89	0	6,45	6,10	gon eo izq
-2,8901077	-78,963848	205	68,65	2470,3	8,1	6,45	6,09	gon eo izq
-2,8900007	-78,96393	210	68,65	2470,3	0	6,45	6,09	gon eo izq
-2,889979	-78,963946	215	68,65	2470,3	0	6,45	6,09	gon eo izq
-2,8899738	-78,96395	220	68,62	2470,77	9,5	6,44	6,09	gon eo izq
-2,889839	-78,964076	225	68,62	2470,77	0	6,44	6,09	gon eo izq
-2,889837	-78,964078	230	68,62	2470,77	0	6,44	6,09	gon eo izq
-2,889837	-78,964078	235	68,62	2470,77	0	6,44	6,09	gon eo izq
-2,889837	-78,964078	240	68,69	2471,38	12,1	6,45	6,10	gon eo izq
-2,8897155	-78,964202	245	68,69	2471,38	0	6,45	6,10	gon eo izq
-2,889714	-78,964203	250	68,69	2471,38	0	6,45	6,10	gon eo izq
-2,889714	-78,964203	255	68,69	2471,38	0	6,45	6,10	gon eo izq
-2,889714	-78,964203	260	69,12	2472,18	16,2	6,49	6,13	gon eo izq

Figura 54. Filtrado de datos en Hoja de Cálculo, Tramo Av. González Suárez sentido E-O carril Izquierdo.

### 3.5.2. IRI mediante mira y nivel

#### Equipo

Para la toma de datos de nivelación se utilizó el equipo topográfico, con dos miras para agilizar el ensayo, tizas para señalar el inicio y fin del tramo, cinta métrica para señalar cada 25 cm como lo indica la *Tabla 4*, y pesas para templar la cinta. Además de una libreta de campo donde se anotaron las lecturas de cada punto. Como el ensayo fue realizado en la noche por temas de tránsito se utilizaron linternas para mejorar la visualización.

Por temas de seguridad se contó con conos y la ayuda de agentes de tránsito para poder llevar a cabo el ensayo.

#### Procedimiento

El equipo de trabajo estuvo formado por cuatro personas, dos sostenían las miras cada 25 cm del tramo ensayado. Otra persona fue encargada del nivel topográfico y una cuarta registraba los datos en la libreta de campo. Cabe recalcar que los puntos tomados fueron del paso de la llanta en cada carril, tomando un mínimo de 13 m de longitud para posteriormente realizar la calibración.



- Previo a la colocación del trípode, se realizó un reconocimiento de cada tramo.
- Procedimos a abscisar el tramo a una separación de 25 cm indicada por la *Tabla 4*.
- Plantado el trípode con el nivel, se realizaron las medidas apuntando la mira, con la debida precaución hacia los puntos de interés.

Una vez finalizada la toma de datos de todo el tramo, se comprueba la precisión mostrada de Clase 1. Para ello, se toma nuevamente la lectura del punto de inicio verificando que la diferencia sea de 0.5 mm mostrada en la *Tabla 4*.

Con una hoja de cálculo se obtuvo la elevación de cada punto para así poder graficar el perfil de cada tramo e identificar las irregularidades de los mismos.

### 3.5.3. Calibración IRI

Debido a que la computación del IRI requiere de varios cálculos en donde se involucran ciertos números de variables y ecuaciones el Banco Mundial en su documento 46 muestra un programa para dichos cálculos. En el presente proyecto utilizó el código en lenguaje Matlab.



```
% Configuración de constantes
DX=0.25;
k=2;
BL=(k-1)*DX;
ST=[0.9966071,0.01091514,-0.002083274,0.0003190145;
    -0.5563044,0.9438768,-0.8324718,0.05064701;
    0.02153176,0.002126763,0.7508714,0.008221888;
    3.335013,0.3376467,-39.12762,0.4347564];
PR=[0.005476107;1.388776;0.2275968;35.79262];
% Lectura del perfil de elevacion
Y=xlsread('seccion_1_1_2.xlsx');
Z1=[(Y(45,1)-Y(1,1))/11;0;(Y(45,1)-Y(1,1))/11;0];
RS=0;
for contador=2:size(Y,1)
    YP=(Y(contador,1)-Y(contador-1,1))/BL;
    % Respuesta del vehiculo
    for i=1:4
        Z(i)=PR(i,1)*YP;
        for j=1:4
            Z(i)=Z(i)+ST(i,j)*Z1(j);
        end
    end
    Z1=Z;
    RS=RS+abs(Z(1)-Z(3));
    disp(RS*DX);
    iri=RS/(contador-1);
end
IRI=iri
```

Figura 55. Algoritmo utilizado para obtener IRI a través de MATLAB (Chávez & Peñarreta, 2019).

En la *Figura 55* se presenta el algoritmo utilizado para el cálculo del IRI. Inicia con una declaración de constantes como lo es la separación entre puntos de nivelación (dx), seguido de parámetros que simulan el modelo de cuarto de carro. La diferencia entre este algoritmo y el brindado por el Banco mundial es que este calcula el IRI tomando todos los puntos de nivelación en milímetros, guardados en una hoja de cálculo (.xlsx), con una distancia mínima de 11 m. Los datos deberán ser previamente filtrados, para que así no influya la pendiente de la vía.



```
1 % Configuración de constantes
2 DX=0.25;
3 k=2;
4 BL=(k-1)*DX;
5 ST=[0.9966071,0.01091514,-0.002083274,0.0003190145;
6 -0.5563044,0.9438768,-0.8324718,0.05064701;
7 0.02153176,0.002126763,0.7508714,0.008221888;
8 3.335013,0.3376467,-39.12762,0.4347564];
9 PR=[0.005476107;1.388776;0.2275968;35.79262];
10 % Lectura del perfil de elevacion
11 Y=xlsread('seccion_1_1_2.xlsx');
12 Z1=[(Y(45,1)-Y(1,1))/11;0;(Y(45,1)-Y(1,1))/11;0];
13 RS=0;
14 for contador=2:size(Y,1)
15 YP=(Y(contador,1)-Y(contador-1,1))/BL;
16 % Respuesta del vehiculo
17 for i=1:4
18 Z(i)=PR(i,1)*YP;
19 for j=1:4
20 Z(i)=Z(i)+ST(i,j)*Z1(j);
21 end
22 end
23 Z1=Z;
24 RS=RS+abs(Z(1)-Z(3));
25 disp(RS*DX);
26 iri=RS/(contador-1);
27 end
28 IRI=iri
```

IRI = 6.8474

Figura 56. Valor de IRI obtenido con Matlab en el Tramo- Av. González Suárez E-O Carril Izquierdo Eje Derecho.

Obteniendo los valores de IRI correspondientes a mira y nivel con Matlab para cada eje, se calculó el promedio de IRI por carril, como se muestra en la *Tabla 27*.

Tabla 27. IRI mira nivel Tramo Av. González Suárez sentido E-O.

González Suárez						
Carril	Izquierdo (m/Km)		Centro (m/Km)		Derecho (m/Km)	
Eje	Izquierdo	Derecho	Izquierdo	Derecho	Izquierdo	Derecho
Sentido EO	6,34	6,85	6,24	6,43	6,65	6,98
	6,59		6,34		6,82	

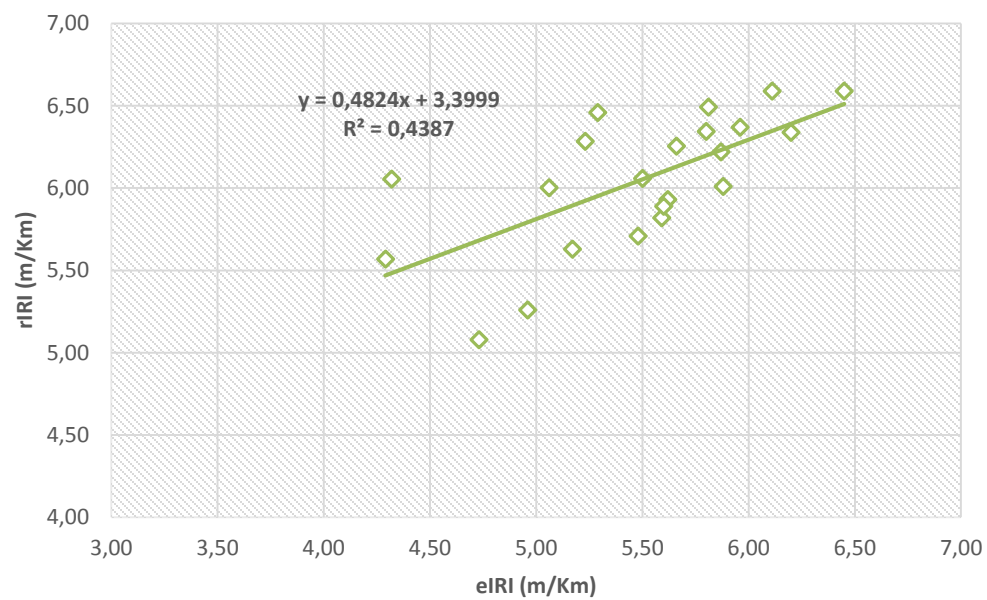
Junto con los datos obtenidos mediante la aplicación Roadroid se llegó a la calibración de estos resultados. En la *Tabla 28* se tienen los valores correspondientes a cIRI, eIRI e IRI Mira y Nivel.



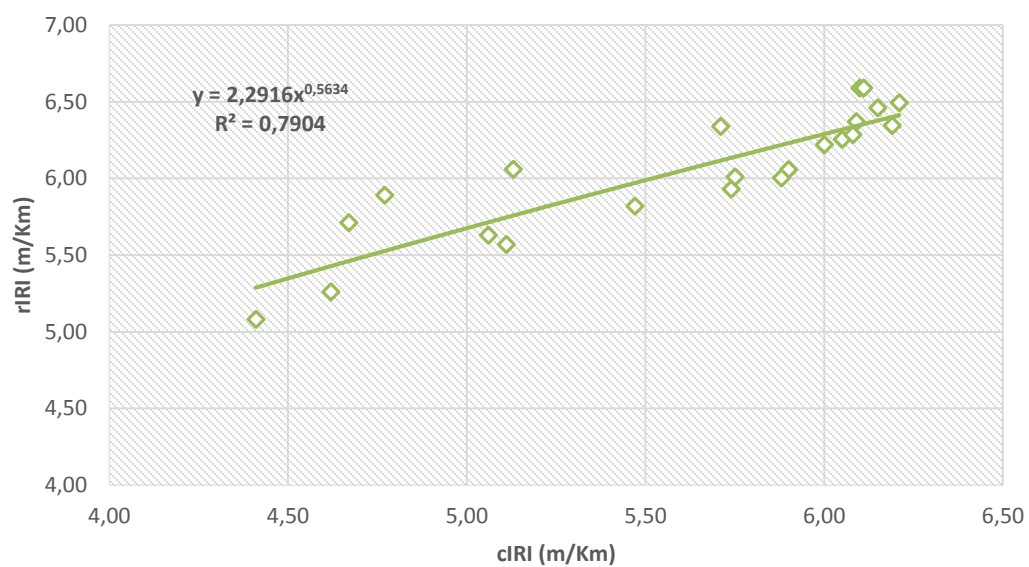
Tabla 28. Valores de IRI para calibración.

Puntos Críticos		Carril Izquierdo			Carril Centro			Carril Derecho		
		eIRI (m/km)	cIRI (m/km)	IRI mira-nivel (m/km)	eIRI (m/km)	cIRI (m/km)	IRI mira-nivel (m/km)	eIRI (m/km)	cIRI (m/km)	IRI mira-nivel (m/km)
González Suárez	EO	6,45	6,10	6,59	6,20	5,71	6,34	6,60	5,61	6,82
	OE	6,33	5,70	6,86	6,11	6,11	6,59	6,38	5,76	6,69
Parque Miraflores	1	5,80	6,19	6,35	4,29	5,11	5,57	5,29	6,15	6,46
	2	5,81	6,21	6,49	4,32	5,90	6,06	5,23	6,08	6,28
	3	5,66	6,05	6,26	4,26	5,68	5,98	5,06	5,88	6,00
	1	5,50	5,13	6,06	5,17	5,06	5,63	4,62	3,32	4,83
Daniel Alvarado -Miguel Vélez (Bomberos)	2	4,96	4,62	5,26	5,59	5,47	5,82	5,56	3,99	5,93
	3	4,73	4,41	5,08	5,88	5,75	6,01	5,98	4,30	6,25
Carlos Vega Arízaga-Francisco Aguilar (Feria Libre)	1	5,87	6,00	6,22	No existe carril central			5,60	4,77	5,89
	2	5,96	6,09	6,37				5,63	4,79	7,59
	3	5,62	5,74	5,93				5,48	4,67	5,71

Mediante los resultados de la *Tabla 28* se procedió a correlacionar tanto el cIRI con IRI Mira y Nivel, como también con el eIRI.



Gráfica 1. Calibración con IRI estimado.



Gráfica 2. Calibración con IRI calculado.





Observando el coeficiente de determinación de la *Gráfica 1* y *Gráfica 2* se logra tener un mejor ajuste con el cIRI, con un  $R^2$  de 0.8 y un coeficiente de Pearson ( $r$ ) de 0.89 mostrando que la relación lineal entre  $x$  e  $y$  es fuerte. Por ello, la ecuación de correlación para obtener el IRI Real (rIRI) es la siguiente:

$$y = 2,2916 x^{0,5634} \quad \text{Ecuación 23.}$$

### 3.6. Correlaciones de propiedades superficiales y accidentalidad en Av. de las Américas.

De igual manera utilizando los resultados de las propiedades superficiales para cada tramo crítico y el número de accidentes suscitados en los mismos, se realizaron gráficas para analizar si existe una correlación.



## CAPÍTULO 4: RESULTADOS Y ANÁLISIS

### 4.1. Resultados Macrotextura

El ensayo realizado para la obtención de macrotextura Sand Patch resultó ser práctico, económico y confiable. Puesto que mide esta propiedad de manera tridimensional, abarcando durante el ensayo todos los cambios en la superficie.

Tabla 29. Verificación de resultados de Macrotextura en puntos críticos de Av. de las Américas. (Carriles Izquierdos) con Normativas.

Tramo	Sección	MDT (mm)	MTD Carril Izquierdo					
			Ecuador	España	Argentina	Perú	México	Brasil
			MTD>0.5	MTD>0.7	MTD>0.5	MTD>0.6	MTD>0.7	MTD>0.6
González Suárez	EO	1,2	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	OE	1,2	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Parque Jacaranda	1	0,2						
	2	0,2						
	3	0,2						
Parque Miraflores	1	0,5	✓					
	2	0,6	✓		✓			
	3	0,5	✓					
Daniel Alvarado - Miguel Vélez (Bomberos)	1	1,0	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	2	0,4						
	3	0,8	✓	✓	✓	✓		✓
	4	0,6	✓		✓			
Carlos Vega Arízaga-Francisco Aguilar (Feria Libre)	1	0,5	✓		✓			
	2	0,5	✓		✓			
	3	0,3						
	4	0,2						



Tabla 30. Verificación de resultados de Macrotextura en puntos críticos de Av. de las Américas (Carriles Derechos) con Normativas.

MTD Carril Derecho								
Tramo	Sección	MDT (mm)	Ecuador	España	Argentina	Perú	México	Brasil
			MTD >0.5	MTD >0.7	MTD >0.5	MTD >0.6	MTD >0.7	MTD >0.6
González Suárez	EO	1,3	✓	✓	✓	✓	✓	
	OE	1,1	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Parque Jacaranda	1	0,2						
	2	0,3						
	3	0,2						
Parque Miraflores	1	0,7	✓		✓	✓		✓
	2	0,5	✓		✓			
	3	0,6	✓		✓			
Daniel Alvarado - Miguel Vélez (Bomberos)	1	1,2	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	2	0,7	✓		✓		✓	✓
	3	0,7	✓	✓	✓		✓	✓
	4	0,5	✓		✓			
Carlos Vega Arízaga-Francisco Aguilar (Feria Libre)	1	0,5	✓					
	2	0,5	✓					
	3	0,3						
	4	0,3						

En la *Tabla 29* y *Tabla 30* se presentan los resultados de macrotextura tanto para el carril izquierdo como derecho respectivamente, según el MOP-001-F, la mayoría de los valores obtenidos cumplen con MTD > 5 mm. Mientras que los resultados de MTD menores a los establecidos por las normas, muestran que existe un alto grado de pulimiento de agregados, lo que lleva a una pérdida de fricción en la interacción neumático- pavimento.



Tabla 31. Resultados de Macrotextura en tramos sin accidentalidad del carril Izquierdo.

Tramo	Carril Izquierdo						
	MTD (mm)	Ecuador MTD >0.5	España MTD >0.7	Argentina MTD >0.5	Perú MTD >0.6	México MTD >0.7	Brasil MTD >0.6
Parque Miraflores Sentido O-E	0,7	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Daniel Alvarado - Miguel Vélez (Bomberos) Sentido O-E	1,1	✓	✓	✓	✓	✓	✓

Tabla 32. Resultados de Macrotextura en tramos sin accidentalidad del carril Derecho.

Tramo	Carril Derecho						
	MTD (mm)	Ecuador MTD >0.5	España MTD >0.7	Argentina MTD >0.5	Perú MTD >0.6	México MTD >0.7	Brasil MTD >0.6
Parque Miraflores Sentido O-E	0,7	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Daniel Alvarado - Miguel Vélez (Bomberos) Sentido O-E	0,8	✓	✓	✓	✓	✓	✓

Como se puede observar tanto en la *Tabla 31* y *Tabla 32* los resultados de macrotextura en tramos sin accidentalidad cumplen las normativas nacionales e internaciones.

La clasificación de macrotextura en los diferentes tramos definida como profunda, media y lisa con respecto a la *Tabla 1*. Están presentadas en la *Tabla 33* determinadas visualmente.

Tabla 33. Clasificación de macrotextura en tramos críticos de la Av. de las Américas

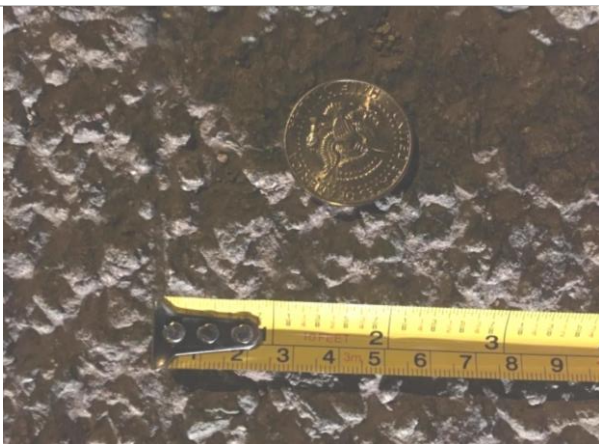


<table><tr><td><b>Profunda</b></td></tr><tr><td><b>Tramo</b></td></tr><tr><td>González Suárez</td></tr></table>	<b>Profunda</b>	<b>Tramo</b>	González Suárez		
<b>Profunda</b>					
<b>Tramo</b>					
González Suárez					
<table><tr><td><b>Media</b></td></tr><tr><td><b>Tramo</b></td></tr><tr><td>Daniel Alvarado -Miguel Vélez (Bomberos)</td></tr><tr><td>Parque Miraflores</td></tr></table>	<b>Media</b>	<b>Tramo</b>	Daniel Alvarado -Miguel Vélez (Bomberos)	Parque Miraflores	
<b>Media</b>					
<b>Tramo</b>					
Daniel Alvarado -Miguel Vélez (Bomberos)					
Parque Miraflores					
<table><tr><td><b>Lisa</b></td></tr><tr><td><b>Tramo</b></td></tr><tr><td>Parque Jacaranda</td></tr><tr><td>Carlos Vega Arízaga- Francisco Aguilar (Feria Libre)</td></tr></table>	<b>Lisa</b>	<b>Tramo</b>	Parque Jacaranda	Carlos Vega Arízaga- Francisco Aguilar (Feria Libre)	
<b>Lisa</b>					
<b>Tramo</b>					
Parque Jacaranda					
Carlos Vega Arízaga- Francisco Aguilar (Feria Libre)					

Figura 57. MTD Profunda

Figura 58. MTD Media.

Figura 59. MTD Lisa.



## 4.2. Resultados de IRI.

Para la obtención de rugosidad la aplicación utilizada para smartphone Roadroid, posee un alto rendimiento, tomando datos de manera continua y almacenando un registro de datos visual georreferenciado de la condición de la vía analizada.

Posterior a la toma de datos y la calibración de los mismos mediante la nivelación perteneciente a una Clase 1, con un resultado de coeficiente de determinación ( $R=0.79$ ) y coeficiente de Pearson ( $r=0.89$ ) en la correlación; se puede decir que los datos obtenidos son confiables, utilizando el cIRI de la aplicación, que es el recomendado por la misma y que fue utilizado para obtener el IRI real de la *Tabla 34*

Tabla 34. Resultados de IRI en puntos críticos de Av. de las Américas.

Tramo	Sección	IRI		
		Izquierdo IRI(m/km)	Centro IRI(m/km)	Derecho IRI(m/km)
González Suárez	EO	6,35	6,15	5,96
	OE	6,13	6,01	5,65
Parque Jacaranda	1	6,48	5,88	5,86
	2	6,85	6,52	6,41
	3	6,49	6,75	6,58
Parque Miraflores	1	6,44	6,46	6,38
	2	6,41	6,42	6,24
	3	6,39	6,75	5,86
Daniel Alvarado - Miguel Vélez (Bomberos)	1	5,62	5,75	5,39
	2	5,40	5,95	5,39
	3	5,28	6,13	5,39
	4	5,23	6,18	5,39
Carlos Vega Arízaga- Francisco Aguilar (Feria Libre)	1	6,18	No existe carril central.	5,34
	2	6,29		5,51
	3	6,36		5,55
	4	5,74		5,45

De acuerdo a los resultados presentados en la *Tabla 34* los valores de IRI oscilan en un rango de 5 m/km a 6.90 m/km. Según las especificaciones del MOP- 001- F, estos valores son mayores a 4 m/ km para el caso de tratamientos superficiales, afectando a la comodidad de los usuarios producto de las vibraciones.





Tabla 35. Resultados de Rugosidad en tramos sin accidentalidad.

Tramo	IRI		
	Izquierdo	Centro	Derecho
	IRI(m/km)	IRI(m/km)	IRI(m/km)
<b>Parque Miraflores Sentido O-E</b>	6,05	5,85	5,66
<b>Daniel Alvarado -Miguel Vélez (Bomberos) Sentido O-E</b>	5,48	5,36	5,00

En el caso de la rugosidad mostrada en la *Tabla 35* se presentaron valores similares a los obtenidos en los tramos con accidentalidad.

#### 4.3. Resultados de PCI.

La metodología de PCI es eficiente para el caso en estudio, ya que se logra establecer las fallas predominantes de una manera fácil, rápida y económica.

Tabla 36. Resultados de PCI en puntos críticos de Av. de las Américas.

PCI				
Tramo	Sección	Izquierdo	Centro	Derecho
<b>González Suárez</b>	<b>EO</b>	32	26	32
		Malo	Malo	Malo
	<b>OE</b>	38	26	30
		Malo	Malo	Malo
<b>Parque Jacaranda</b>	<b>1</b>	72	68	68
		Muy Bueno	Bueno	Bueno
	<b>2</b>	52	70	52
		Regular	Bueno	Regular
	<b>3</b>	64	44	38
		Bueno	Regular	Regular
<b>Parque Miraflores</b>	<b>1</b>	73	68	74
		Bueno	Bueno	Muy Bueno



	<b>2</b>	54	48	54
		Regular	Regular	Regular
	<b>3</b>	58	51	58
		Regular	Regular	Regular
<b>Daniel Alvarado - Miguel Vélez (Bomberos)</b>	<b>1</b>	52	52	52
		Regular	Regular	Regular
	<b>2</b>	57	64	62
		Bueno	Bueno	Bueno
	<b>3</b>	66	68	72
		Bueno	Bueno	Muy Bueno
<b>Carlos Vega Arizaga-Francisco Aguilar (Feria Libre)</b>	<b>1</b>	48	No existe carril central	56
		Regular		Bueno
	<b>2</b>	54		54
		Regular		Regular
	<b>3</b>	54		54
		Regular		Regular
	<b>4</b>	48		54
		Regular		Regular

El mayor resultado de PCI es de 74 perteneciente al Parque Miraflores, mientras que el menor al sector de la González Suárez con un PCI de 26. Para estos casos, el valor deducido (VD) que representa la cantidad de fallas con su severidad es menor (VD= 24) y mayor (VD= 65) respectivamente. Lo que indica una menor cantidad y severidad de fallas presentes en el tramo del Parque Miraflores.

Tabla 37. Resultado de PCI en tramos sin accidentalidad.

<b>Índice de Condición del Pavimento</b>			
<b>Tramo</b>	<b>Izquierdo</b>	<b>Centro</b>	<b>Derecho</b>
<b>Daniel Alvarado - Miguel Vélez (Bomberos) (E-O)</b>	72	70	72
	Bueno	Bueno	Bueno
<b>Parque Miraflores (O-E)</b>	69	69	72
	Regular	Regular	Bueno

Los resultados de PCI tanto para los tramos sin accidentalidad están clasificados de Buenos a Regulares.



#### 4.4. Correlaciones entre las propiedades superficiales y la accidentalidad en Av. de las Américas

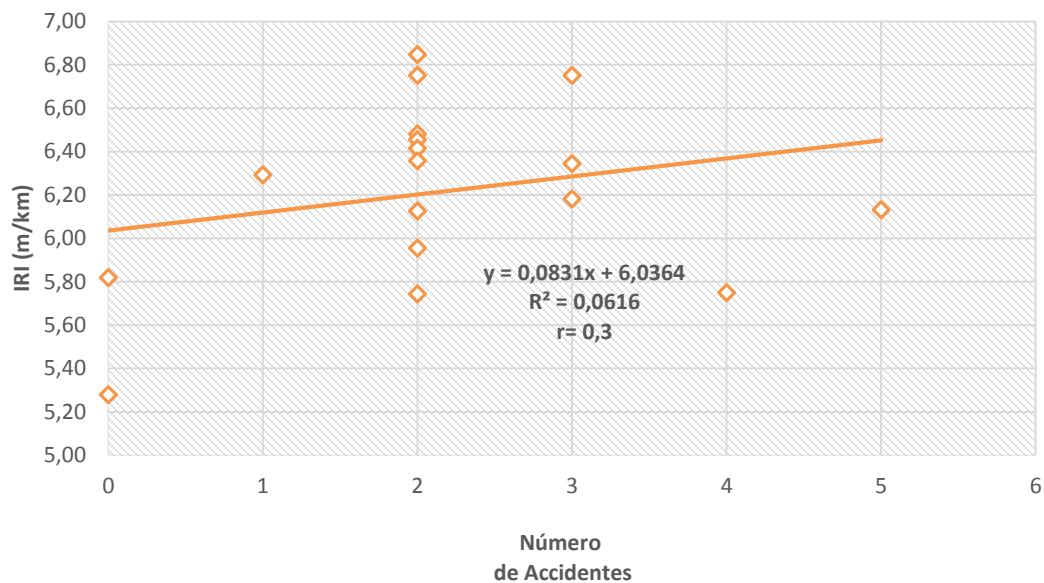
En la *Tabla 38*, se muestran los valores, con los cuales se procedió a realizar la correlación de la accidentalidad con las respectivas propiedades superficial en el caso más desfavorable.



Tabla 38. Valores para la correlación Accidentalidad con propiedades superficiales.

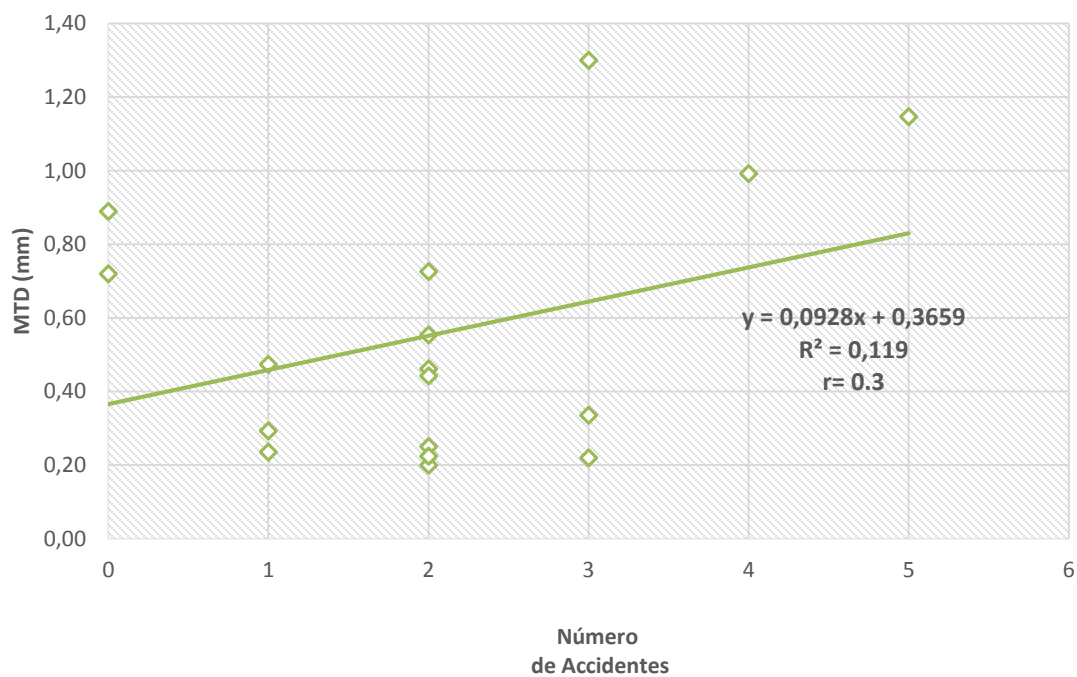
Tramo		Sección	Accidentes	IRI(m/km)	MTD (mm)	PCI
1	Gonzáles Suárez	EO	3	6,35	1,30	26
2		OE	5	6,13	1,15	16
3	Parque Jacaranda	1	2	6,48	0,20	68
4		2	2	6,85	0,24	52
5		3	3	6,75	0,22	38
6	Parque Miraflores (EO)	1	2	6,46	0,46	68
7		2	2	6,42	0,55	48
8		3	2	6,75	0,47	51
9	Daniel Alvarado - Miguel Vélez (Bomberos)	1	4	5,75	0,99	52
10		2	2	5,95	0,44	57
11		3	2	6,13	0,73	66
12	Carlos Vega Arízaga- Francisco Aguilar (Feria Libre)	1	3	6,18	0,34	56
13		2	1	6,29	0,29	48
14		3	2	6,36	0,25	54
15		4	2	5,74	0,23	54
16	Parque Miraflores	OE	0	5,28	0,9	72
17	Daniel Alvarado - Miguel Vélez (Bomberos)	EO	0	5,82	0,72	71

Según el libro de Probabilidad y estadística aplicada a la ingeniería de Montgomery y Runger, recomienda realizar un diagrama de puntos para una muestra reducida menor a 20, ya que en estos casos suele ser difícil identificar algún patrón de variabilidad específico. Por tal motivo, se mostrará en las siguientes gráficas los diagramas de puntos de cada correlación mostrados en la *Tabla 38*.



Gráfica 3. Correlación de IRI con accidentalidad.

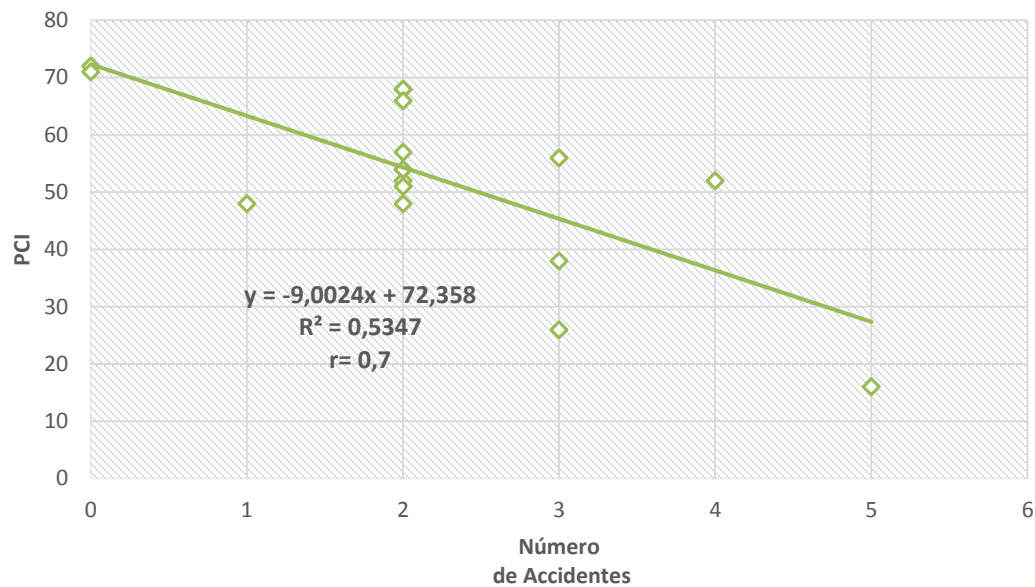
La *Gráfica 3* muestra el comportamiento que existe entre el IRI y el número de accidentes ocurridos. Se ve que a una menor rugosidad se da un menor número de accidentes. Sin embargo, hablando en términos estadísticos no se tiene una correlación válida por el valor de  $R^2 = 0.06$ . Correspondiente a un  $r = 0.25$  que de acuerdo a la *Tabla 6* implica que hay una ausencia de correlación.



Gráfica 4. Correlación de MTD con accidentalidad.

Se observa en la *Gráfica 4* que a una menor macrotextura, el número de accidentes disminuye. Con un  $R^2 = 0.12$ , que corresponde a un  $r = 0.3$  correspondiente a una ausencia de correlación (*Tabla 6*).





Gráfica 5. Correlación de PCI con accidentalidad.

En esta gráfica se muestra una buena tendencia entre los dos parámetros, puesto que, si se tiene una mejor condición en el pavimento, el número de accidentes será menor. Se obtuvo un porcentaje de ajuste  $R^2=0.53$ , con un  $r= 0.7$  mostrando una correlación regular según la *Tabla 6*.

#### 4.5. Propuestas de mejoramiento para tramos críticos de la Av. de las Américas

Toda infraestructura vial debe tener un mantenimiento o rehabilitación, ya que a lo largo de su vida útil sufre desgastes o alteraciones por diversos factores. Al tomar en cuenta estos aspectos, no sólo se llegará a mantener buenas condiciones en la vía, sino que en el aspecto económico se podrá ahorrar el costo de reparación que sin duda es mucho más alto en comparación al mantenimiento.

- **Mantenimiento**

La intervención que genera una baja inversión y es parte de un mantenimiento rutinario consta de actividades y trabajos menores, permanentes y frecuentes, que depende de la condición en



la que se encuentre el pavimento. Con el objetivo de preservar sus características, a lo largo de su periodo de vida. Para los resultados obtenidos y las fallas encontradas en campo se recomienda el bacheo en zonas localizadas, remplazo de parches deteriorados y el sellado de fisuras.

### • Tratamiento Superficial

Mejora las condiciones superficiales del pavimento sin el aumento considerable de la resistencia, ayudando a una mejora significativa en su nivel de servicio como también en la seguridad y comodidad. Necesaria cuando no se consta de una adecuada conservación del pavimento.

Considerando las características de la vía en función del MOP-001-F correspondiente al Capítulo 400 “Estructura del Pavimento”, en la sección 405 “Capas de Rodadura”, propone en cuanto a tratamientos de mezclas densas en frío, el uso de un micropavimento presentadas en la *Tabla 39*.

Tabla 39. Aplicación de diferentes tratamientos de acuerdo al volumen y tipo de tráfico (MOP-001-F, 2002)

Tratamiento	Granulometría	Volumen del Tráfico			Velocidad del Tráfico	
		Liviano-Mediano	Medio-Pesado	Pesado-Muy pesado	Baja	Alta
<b>Mortero Asfáltico.</b>	Tipo II*	X			X	
	Tipo III*	X				
<b>Mortero Asfáltico modificado con polímeros.</b>	Tipo II*		X			
	Tipo III*		X			X
<b>Micro-pavimento.</b>	Tipo II*			X	X	
	Tipo III*			X		X

### Micropavimento

El micropavimento consiste en una mezcla de emulsión asfáltica comprendida de polímeros, agregados triturados, agua, relleno mineral y aditivos. Previo a su colocación se debe reparar los daños y defectos en la vía como: reparación de baches o sellado de grietas (MOP-001-F, 2002). Estos pueden ser aplicados en una o múltiples capas dependiendo del tipo de proyecto para preservar o rehabilitar la vía generalmente de 5 mm a 9 mm de espesor. Este tratamiento previene el desprendimiento de agregados y el desgaste de los mismos, mejorando la fricción.



La norma que especifica el diseño del micropavimento es la ASTM D6372 “Standard Practice for Design, Testing and Construction of Microsurfacing.

Otro mantenimiento que se utiliza principalmente para sellar superficies de rodamiento que han comenzado a presentar desintegraciones de severidad baja, debido al endurecimiento del cemento asfáltico cercano a la superficie es el riego pulverizado. Basado en la aplicación ligera de una emulsión asfáltica a la superficie de un pavimento, pero sin el uso de agregados (MOP-001-F, 2002).

### Recapeo

Como última alternativa más eficiente y con mayor duración se puede utilizar un recapeo que ya requiere de una inversión más elevada y abarcaría las fallas existentes a lo largo de la avenida.

El recapeo consiste en la colocación de una o más sobrecarpetas asfálticas encima de la capa de rodadura existente. Con el propósito de restablecer las propiedades tanto estructurales como superficiales del pavimento, otorgando seguridad y comodidad a los usuarios (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2013).

En la *Tabla 40* se presentan los mantenimientos de acuerdo al rango de calificación del PCI que presentan correlación con la accidentalidad.

Tabla 40. Matriz de PCI y mantenimiento

PCI	Mantenimiento
(40-55) “Regular”	Bacheo, sellado de fisuras, reemplazo de baches deteriorados
(40-25) “Malo”	Micropavimento



## CAPÍTULO 5: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1. Conclusiones

Se evaluaron las propiedades superficiales en los puntos críticos seleccionados y se analizó la existencia o no de correlaciones entre estas propiedades y la accidentalidad, planteándose una matriz de tratamientos en función de los resultados.

Se determinaron los puntos críticos en función de las causas que están relacionadas con las propiedades superficiales tales como: exceso de velocidad, factor vial, fortuito, indeterminado, sin dato y otro. A partir de la ubicación de los puntos críticos se tomó una distancia previa de 50 m, en función del tiempo de percepción y reacción para realizar los diferentes ensayos.

#### ***Propiedades superficiales***

Los tramos del Parque Jacaranda, Parque Miraflores y la Carlos Vega Arizaga – Francisco Aguilar (Feria Libre), incumplen con las normativas internacionales de España y México (MTD > 0.7 mm), Argentina (MTD > 0.5 mm), Perú y Brasil (MTD > 0.6 mm). En el caso de la Daniel Alvarado y Miguel Vélez (Bomberos), se presenta una adecuada texturización con valores de MTD que oscilan entre 0.6 mm y 1 mm, mientras que en la Av. González Suárez se tienen valores mayores a 1 mm.

Además, los resultados de macrotextura cumplen con la normativa ecuatoriana (MTD > 0.5 mm) excepto en el tramo del Parque Jacaranda con un MTD de 0.2 mm y en la mitad del tramo Carlos Vega Arizaga- Francisco Aguilar (Feria Libre) con un MTD de 0.3 mm.

Los resultados de rugosidad no cumplen con las normativas de E.E.U.U (IRI < 4.7m/km), Chile (IRI < 4 m/km), Uruguay (IRI < 4.6 m/km), México (IRI < 5 m/km), Países bajos y Alemania (IRI < 3.5 m/km) debido a que se obtuvieron valores entre 5 m/km y 6.90 km/m en todos los tramos. Sin existir gran variación, producto del bacheo realizado en la zona de estudio en el mes de agosto del presente año.

De igual manera según el MOP los tramos analizados incumplen las especificaciones de rugosidad con valores superiores a 4 m/km para vías con tratamientos superficiales.

En términos de deterioros superficiales, las fallas más representativas fueron: parches, fisuras longitudinales y transversales con severidad media. Los tramos del Parque Miraflores y el de la Feria Libre tienen un PCI entre 40 y 55 considerados “Regulares”. Por otro lado, el tramo de los Bomberos y el Parque Jacaranda presentan un PCI entre 55 y 70 “Bueno”. Mientras que, en el



tramo de la González Suárez se obtuvieron los PCIs más bajos entre 25 y 40 "Malos", principalmente debido a la meteorización encontrada.

### **Correlaciones**

En los tramos analizados las propiedades superficiales como la rugosidad no tienen variación significativa, tanto en tramos con accidentalidad y no accidentalidad. Por ende, no fue posible la determinación de correlaciones estadísticamente significativas con la accidentalidad de la vía, teniendo un  $r = 0.25$  (ausencia de correlación), en cambio en donde si existe variación significativa es en el rango de mediciones en campo del PCI, donde las tendencias de correlación mejoran, con un  $r = 0.73$  (regular) según Montgomery y Runger.

### **Con los resultados**

Con los resultados obtenidos en campo y su variabilidad no significativa, no se pudieron encontrar resultados conclusivos sobre la posible correlación existente entre las propiedades superficiales y la accidentalidad en la vía.

### **Mantenimiento**

En función del resultado que obtuvo una correlación, se planteó para los tramos que tienen un PCI "Regular", un bacheo, sellado de fisuras o reemplazo de baches deteriorados. Por otro lado, en las zonas con un PCI "Malo" se propone la aplicación de un micropavimento.

## **5.2. Recomendaciones**

Para posteriores investigaciones sería factible realizar la evaluación de las propiedades superficiales en tiempos cercanos al accidente, debido a que las características de la vía pueden variar conforme al tiempo, como el caso de los resultados de rugosidad. En el caso de no poder seguir esta recomendación, se sugiere encontrar un factor que castigue esta propiedad replicando las condiciones de un accidente como la presencia de un bache.

Ya que no se encontraron correlaciones en la macrotextura y la rugosidad con la accidentalidad, se recomienda buscar tramos críticos para futuras investigaciones en donde estas propiedades varíen significativamente con un número considerable de accidentes.



Como propuesta de mejoramiento se debe colocar un micropavimento por la eficiencia y cuestiones económicas. Además, que tiene un secado rápido con una duración de 4 horas que no altera a la circulación vehicular que la Av. de las Américas presenta, al ser considerada como una arteria principal de la ciudad de Cuenca.

El ensayo Sand Patch debe ser realizado en días no lluviosos ya que como se utiliza arena esta puede verse afectada adhiriéndose al esparcidor, empezando hacerse grumos. Por otro lado, se debe evitar tomar las mediciones en sitios donde el pavimento presente fallas que puedan alterar los resultados.

Para obtener resultados certeros de rugosidad mediante la aplicación Roadroid, se debe mantener una velocidad constante, además de configurar cuidadosamente tanto el tipo de vehículo, celular y nivel de sensibilidad para la toma de datos. Como el registro de datos es extenso, se recomienda mantener un adecuado orden y organización. El manual de la aplicación recomienda dos o más pasadas en la zona de estudio, previo a esto se debe calibrar las coordenadas X, Y, y Z que afectan a la estabilidad del Smartphone.

Previo a realizar la metodología del PCI se debe identificar el tipo de falla y su severidad en las zonas a ser evaluadas, teniendo a la mano la clasificación dada por la ASTM D6433.





## Bibliografía

- A Amoroso , M., & Quishpe, L. (2018). *Diagnóstico del modelo de gestión en el levantamiento y procesamiento de información de los accidentes de tránsito para la empresa pública municipal de movilidad de tránsito de la ciudad de Cuenca, propuesta de mejora de la seguridad Av. Américas (tesis de maestría)*. Universidad de Cuenca, Cuenca, Ecuador.
- ANT. (s.f.). Sinistralidad nacional. Recuperado de <https://www.ant.gob.ec/index.php/noticias/estadisticas>
- ASTM D6433. (2011). "Standar Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys". United States: American Society for Testing and Materials.
- ASTM E867. (2006). "Standard Terminology Relating to Vehicle Pavemente Systems ". United States : American Society for testing and materials .
- ASTM E965. (2015). "Standard Test Method for Measuring Pavement Macrottexture Depth Using a Volumetric Technique". United States: American Society for Testiing and Materials.
- Astudillo, N. (1987). *Evaluación estructural del pavimento de la avenida de las Américas de la ciudad de Cuenca (Tesis de pregrado)*. Universidad de Cuenca, Cuenca, Ecuador. Obtenido de <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/7030>
- Badilla, G. (2008). *Determinación de un procedimeinto de ensayo para el cálculo de IRI* . Unidad de Investigación en Infraestructura vial. Universidad de Costa Rica, San José.
- Banco Mundial . (1982). Recuperado de <http://www.bancomundial.org/es/news/feature/2014/10/07/brasilinfraestructuras-transporte-carreteras-logistica>
- Barraza, G. (2004). *Resistencia al Deslizamiento en pavimentos flexibles*. (Tesis de pregrado). Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima, Perú
- Bisconsini, D. R. (2016). *Avaliação da irregularidade longitudinal dos pavimentos com dados coletados por smartphones. Dissertação (tesis de maestría)*. Universidade de São Paulo, Sao Paulo, Brasil.
- Cal y Mayor, R., & Grisales, J. (1999). *Ingeniería de Tránsito* (Séptima ed.). (1. Marcombo, Ed.) México: Alfaomega.
- Canavos, G. (1988). *Probabilidad y estadística, aplicaciones y métodos*. Naucalpan, México: McGraw-Hill/Interamericana de México, S.A de C.V.



- Castillo , & Rodríguez. (1998). *La Ingeniería de suelos en las vías terrestres*. México: Limusa.
- Chávez, A., & Peñarreta, L. (2019). *Desarrollo de la correlación entre dos indicadores de la condición de la superficie del pavimento.(tesis de pregrado)* Universidad de Cuenca, Cuenca, Ecuador.
- Cifuentes, M. (2014) Auditoria de seguridad vial para el corredor de la calle 3 entre la carrera 56 y la carrera 38, en la ciudad de Bogotá. (tesis de pregrado). Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá D.C, Colombia.
- Código Nacional de Tránsito Terrestre. (2002). Ley 769. *Recuperado de:* [https://www.movilidadbogota.gov.co/web/sites/default/files/ley-769-de-2002-codigo-nacional-de-transito\\_3704\\_0.pdf](https://www.movilidadbogota.gov.co/web/sites/default/files/ley-769-de-2002-codigo-nacional-de-transito_3704_0.pdf)
- Costa, A. (2005). *La seguridad vial en la carretera*. *Recuperado de* <http://pdfs.wke.es/3/4/0/0/pd0000013400.pdf>
- Crespo del Río, R. J. (1999). *Jornadas sobre la calidad en el proyecto y la construcción de carreteras*. 13.
- D'Apuzzo, M., Flintsch, G., Evangelisti, A., & Mogrovejo, D. (2015). *Evaluation of Variability of Macrottexture Measurement with Different Laser-*. Virginia, E.E.U.U.
- Douglas C, Montgomery y George C. Runger. *Applied statistics and probability for Engineers* Wiley, Hoboken, NJ, 5th edition., 2011. ISBN 978-0-470-05304-1
- EMOV-EP. (s.f.). *Manual de Normas Básicas sobre infracciones de tránsito y su procedimiento en el código orgánico integral penal*. *Recuperado de* [http://www.emov.gob.ec/sites/default/files/COIP\\_0.pdf](http://www.emov.gob.ec/sites/default/files/COIP_0.pdf)
- FHWA. (2014). *Distress Identification Manual for the Long- Term Pavement Performance Program*.
- Fleites, L. (2017). *Resistencia al deslizamiento y textura superficial en pavimentos flexibles en la carretera rural Santa Clara - Manicaragua (Tesis de pregrado)*.Universidad Central "Marta Abreu" de las Villas. Santa Clara, Cuba.
- Flintsch, G., León, E., McGhee, K., & Al-Qadi , I. (2003). *Pavement Surface Macrottexture*. *Virginia Tech Transportation Institute*.
- Fonseca, A. M. (1997). *Ingeniería en Pavimentos*. Bogota, Colombia: Universidad Católica de Colombia.
- Forslof, L. (2014). *Roughness and Texture* . *Recuperado de* <https://www.linkedin.com/pulse/20141130211746-97325448-roughness-and-texture>



- Gallo, A., & Castillo, G. (2018). *Análisis de las condiciones de seguridad vial ligadas a temas de infraestructura en las vías rápidas de Bogotá*. Colombia (Tesis de pregrado ) Universidad Católica de Colombia Bogotá, Colombia.
- Garcés, D. (2017). *Evaluación vial y plan de rehabilitación y mantenimiento de la vía Azogues-Cojitambo- Deleg- La Raya (Tesis de Maestría. Universidad de Cuenca, Cuenca, Ecuador*.
- Garger, J., & Hoel, A. (2002). *Ingeniería de Tránsito y Carreteras*. Virginia, Estados Unidos.
- Gutiérrez. (1994). *Índice de Condición del Pavimento. Método de Evaluación de Pavimentos Asfálticos. Conferencia*.
- Gutiérrez, G. (2018). *Aplicación del método (Roadroid) para la estimación del índice de rugosidad internacional (IRI) mediante smartphone*. Oruro, Bolivia.
- Instituto Mexicano de Transporte. (1995). *La respuesta dinámica de un cuarto de carro y el Índice Internacional de Rugosidad*. ISSN 0188-7297(67).
- Instituto Mexicano de Transporte. (1998). *Diagnóstico de las características superficiales de los pavimentos*. ISSN-01887297.
- INV E-791. (2007). *Textura Superficial de un pavimento mediante el círculo de arena*. Bogotá, Colombia: Instituto Nacional de Vías.
- ISO 13473-1. (2002). *Characterization of pavement texture by use of surface profiles. Internacional Organization for Standardization*.
- Klevens, J. (1998). *Lesiones de causa externa, factores de riesgo y medidas de prevención*. Bogota: Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses. Recuperado de: <http://www.saludcapital.gov.co/sitios/VigilanciaSaludPublica/Protocolos%20de%20Vigilancia%20en%20Salud%20Publica/Lesiones%20de%20Causa%20Externa.pdf>
- Lars, F. (2014). *Roughness and Texture*.
- Lavaud, P. (2016). *Importancia de la regularidad superficial (IRI) en la construcción de pavimentos asfálticos en caliente*. Recuperado de: <https://es.scribd.com/doc/66743617/Importancia-de-la-Regularidad-Superficial-IRI-en-la-Construccion-de-Pavimentos-Asfalticos-en-Caliente>
- Lobato, R. (2004). *Evaluación de Pavimento Flexible: condiciones de resistencia del neumático-pavimento*. Brasil.
- Machuca, W. (2014). *Manual práctico de optimización para la revisión de estudio de diseño de pavimentos. (Tesis de Pregrado)*. Universidad Internacional del Ecuador, Quito.



- Matamoras, G. (s.f). *Elementos que participan en la incidencia de accidentes de tránsito*. Recuperado de: <http://creandoconciencia.org.ar/enciclopedia/accidentologia/relevamiento-de-rastrros/Elementos-que-participan-en-la-incidencia-de-accidentes-de-transito.pdf>
- Mery, J., Aguirre Núñez , C., Polverelli , J., & García, M. (2003). *Correlación entre dos tipos de arenas de distinta procedencia utiliza en el ensayo volumétrico de textura de pavimentos*. Revista de la Construcción, 2(1).
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2013). Manual de Carreteras y Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción. Perú.
- MOP-001-F2002. (2002). Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos y Puentes. Quito.
- NCHRP. (1980). Calibration Of Response- Type Road Roughness measuring systems. Report 228. Washington, D.C.
- NEVI-12. (2013). Manual de estudios para programar obras de conservación de pavimentos de carreteras. *Norma Ecuatoriana Vial*, 6.
- NLT-335. (1987). Medida de la textura superficial de un pavimento por el método del círculo de arena.
- Norma Peruana . (2010). CE.010 Pavimentos Urbanos .
- OMS. (2015). Informe sobre la situación mundial de la seguridad vial.
- OSM Tracker. (2018). OSMTracker for Android (0.7.1). Obtenido de <https://github.com/labexp/osmtracker-android>
- Pagola, M. (2002). *La situación en Argentina respecto a la valoración de la adherencia neumático- pavimento. (Tesis Doctoral)*. Universidad Nacional de Rosario.
- Pérez, I., Casquero, E. (2004). Influencia de las características superficiales de los firmes en la seguridad vial. Rutas, 100, 13-31.
- Permanent International Association of Road Congresses (PIARC). (1987). Report of the Committee on Surface Characteristics. *Proceedings of the 18th World Road Congress, World Road Congress, Brussels*, (págs. 1–43). Belgium.



- PIARC. (1987). *"Optimization of Pavement Surface Characteristics", PIARC Technical Committee on Surface Characteristics"* . Report to the XVIIIth World Road Congress. Brussels, Belgium.
- Pradena, M. (2006). *Anàlisis de regularidad superficial en caminos pavimentados*. Revista de la Construcción, 5 (2), 16-22.
- Puga, C. (2018). *Evaluación funcional de pavimento rígido Tramo Av. Loja. (Tesis de Pregrado )*. Universidad de Cuenca, Cuenca.
- Roadroid. (2017). *Roadroid Referencia de Proyecto*. Obtenido de <http://roadroid.com/common/References/Roadroid%20Referencia%20>
- Robles, R. (2015). *Cálculo del índice de condición del pavimento (PCI). (Tesis de Pregrado)* Universidad Ricardo Palma, Barranco- Surco
- Salgado, K., & Torres, A. (2009). *Técnicas e índices para la evaluación de la macrotextura en Pavimentos*.
- Sandburg, U. (1998). *"Influence of Road Surface Texture on Traffic Characteristics Related to Environment, Economy, and Safety: A State-of-the-Art Study Regarding Measures and Measurements Methods,"* VTI Report 53A-1997, Swedish National Road Administration, Borlange. Sweden.
- Sayers , M., Thomas D., G., & Queiroz, C. (1986). *The Internacional Road Roughness Experiment* (Vol. 45). Washington D.C.: Word Bank Technical Paper.
- Sayers, M., Gillespie, T., & Queiroz, C. (1986b). *Guidelines for Conducting and Calibrating Road Roughness Measurements, Technical Paper Number 46. Banco Mundial*. (Vol. b). Washintong.
- Solminihac T., H., & Echeverría G, G. (1988). *Desarrollo de un sistema de mantención para pavimentos asfálticos*. Ingeniería de Construcción, N°5.
- Solminihac, H., & Echaveguren, T. (2005). *Antecedentes para la inspección y diseño de especificaciones de textura, resistencia al deslizamiento y fricción en los pavimentos*. Chile.
- Subsecretaría de Comunicaciones y Transportes. (2016). *Conservación de Carreteras*. México. Obtenido de <https://normas.imt.mx/normativa/N-CSV-CAR-1-03-006-16.pdf>
- Vásquez, R. (2002). *Pavement Condition Index*. Manizales.



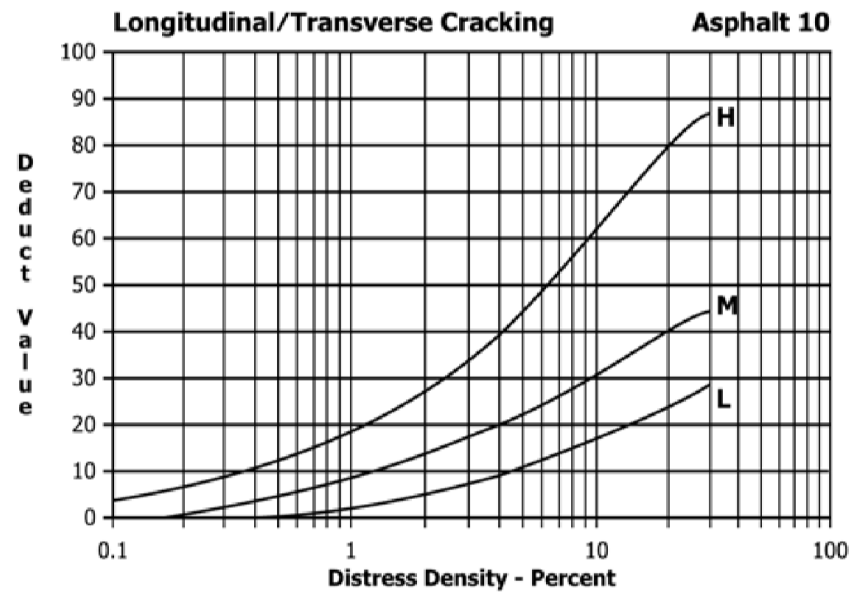
Universidad de Cuenca

Walpole, R., Myers, R., Myers, S., & Keying, Y. (2012). *Probabilidad y estadística para ingeniería y ciencias (9 ed)*. Naucalpan de Juárez, México: Pearson Educación de México, S.A. de C.V.



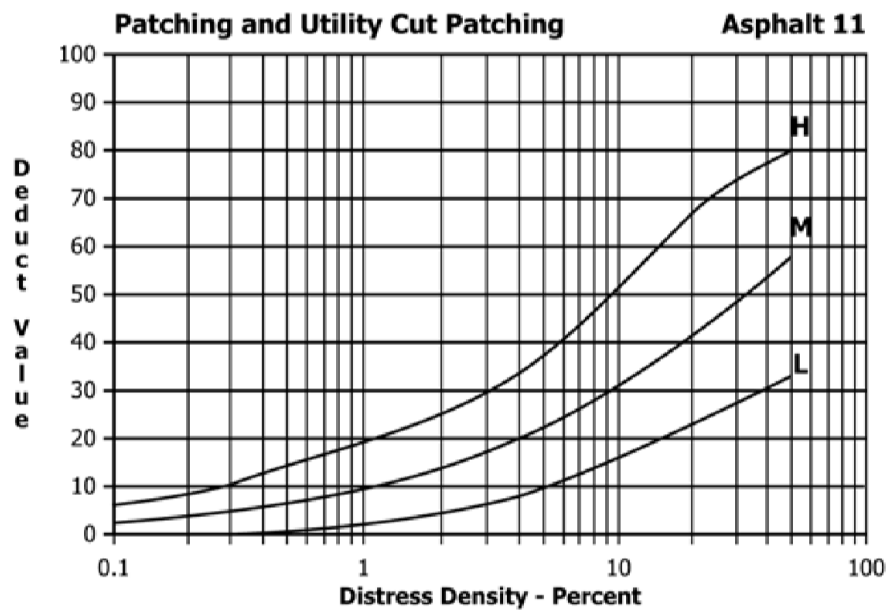
## Anexos

### Anexo 1. Ábacos para valores deducidos en fallas de pavimento flexible.



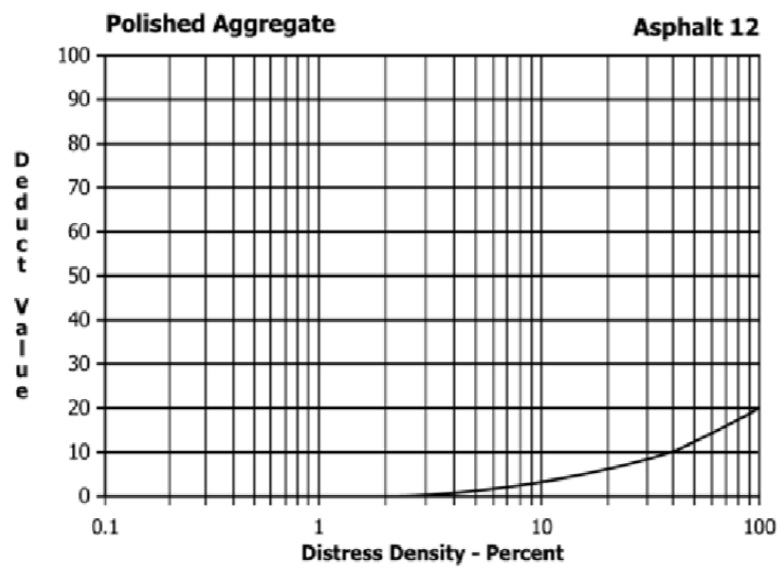
**FIG. X3.14 Longitudinal/Transverse Cracking**

Figura 60. Falla# 10. Fisuras Longitudinales y Transversales (ASTM D6433, 2011).



**FIG. X3.16 Patching and Utility Cut Patching**

Figura 61. Falla #11. Parches y parches de cortes utilitarios (ASTM D6433, 2011).



**FIG. X3.17 Polished Aggregate**

Figura 62. Falla #12. Agregado Pulido (ASTM D6433, 2011).

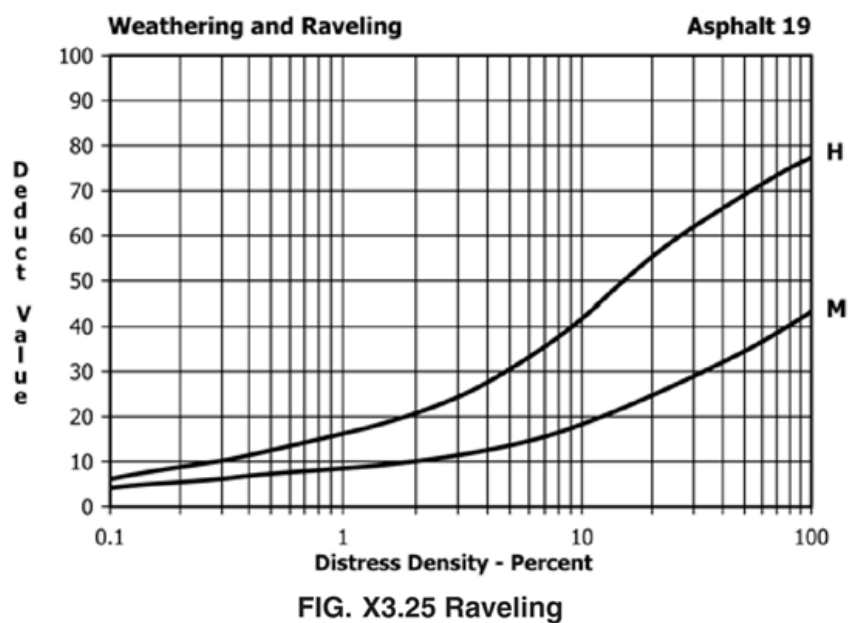


Figura 63. Falla # 19. Meteorización de agregados (ASTM D6433, 2011).

## Anexo 2. Ábacos para valores deducidos corregidos de pavimento flexible.

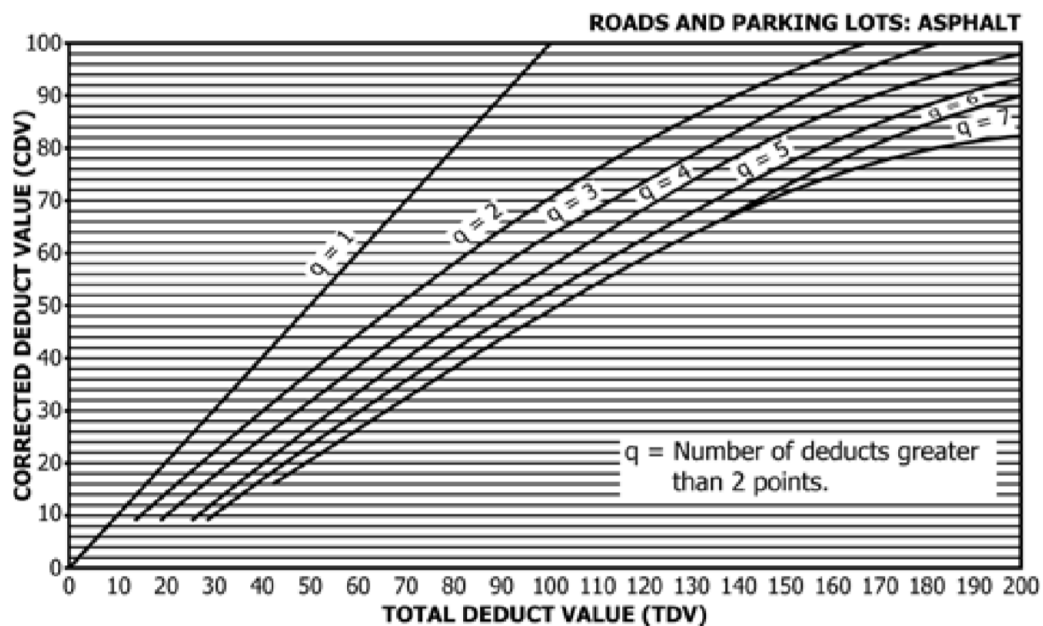
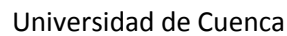


Figura 64. Determinación del Valor deducido Corregido (ASTM D6433, 2011).

[illegible]

María José Barriga Zhindón  
Jéssica Alexandra Chaca Guamán



## Anexo 4. Resultados de PCI para los diferentes tramos de análisis.

Tabla 41. Hoja de Registro del tramo de la Av. González Suárez, sentido EO, carril izquierdo.

MÉTODO PCI										
ÍNDICE DE CONDICIONAL DEL PAVIMENTO EN VÍAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE										
HOJA DE REGISTRO						Tramo:		Av. González Suárez		
Nombre de la vía:		Av. de las Américas				Sección:		EO		
Ejecutor:		María José Barriga - Jéssica Chaca				Fecha:		5-sep-19		
1. Piel de cocodrilo (m²)		6. Depresión (m²)				11. Parches (m²)		16. Desplazamiento (m²)		
2. Exudación (m²)		7. Fisura de borde (m)				12. Agregado Pulido (m²)		17. Fisura Parabólica o por desplazamiento (m²)		
3. Fisuras en bloque (m²)		8. Fisura de reflexión de junta (m)				13. Baches (unidad)		18. Hinchamiento (m²)		
4. Abultamientos y hundimientos (m)		9. Desnivel carril-berma (m)				14. Cruce de vía férrea (m²)		19. Meteorización (m²)		
5. Corrugación (m²)		10. Fisuras longitudinales y transversal (m)				15. Ahuellamiento (m²)				
FALLA		CANTIDAD				TOTAL		DENSIDAD	VD	VDT
11M	2,8						2,8	1,81	14	
10M	10						10	6,45	23	
19H	40						40	25,81	60	
									m	4,67
									q	3

Tabla 42. Cálculo del PCI de la Av. González Suárez, sentido EO, carril izquierdo.

CÁLCULO DEL PCI						
#	Valor Deducido			TDV	q	CDV
1	60	23	14	97	3	62
2	60	23	2	85	2	62
3	60	2	2	64	1	64
					MAX CDV	64
					PCI	36
					CLASIFICACIÓN	MALO



Tabla 43. Hoja de Registro del tramo de la Av. González Suárez, sentido EO, carril centro.

MÉTODO PCI											
ÍNDICE DE CONDICIONAL DEL PAVIMENTO EN VÍAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE											
HOJA DE REGISTRO						Tramo:			Av. González Suárez		
Nombre de la vía:		Av. de las Américas				Sección:	EO		Carril:	Centro	
Ejecutor:		María José Barriga - Jéssica Chaca				Fecha:	5-sep-19		Área (m2):	155	
1. Piel de cocodrilo (m²)		6. Depresión (m²)				11. Parches (m²)			16. Desplazamiento (m²)		
2. Exudación (m²)		7. Fisura de borde (m)				12. Agregado Pulido (m²)			17. Fisura Parabólica o por desplazamiento (m²)		
3. Fisuras en bloque (m²)		8. Fisura de reflexión de junta (m)				13. Baches (unidad)			18. Hinchamiento (m²)		
4. Abultamientos y hundimientos (m)		9. Desnivel carril-berma (m)				14. Cruce de vía férrea (m²)			19. Meteorización (m²)		
5. Corrugación (m²)		10. Fisuras longitudinales y transversal (m)				15. Ahuellamiento (m²)					
FALLA		CANTIDAD						TOTAL	DENSIDAD	VD	VDT
11M	10,75	15					25,75	16,61	38	126	
10M	8						8	5,16	23		
19H	40						40	25,81	65		
									m	6,69	
									q	2	

Tabla 44. Cálculo del PCI de la Av. González Suárez, sentido EO, carril centro.

CÁLCULO DEL PCI						
#	Valor Deducido			TDV	q	CDV
1	65	38	23	126	3	74
2	65	38	2	105	2	70
3	65	2	2	69	1	68
					MAX CDV	74
					PCI	26
					CLASIFICACIÓN	MALO



Tabla 45. Hoja de Registro del tramo de la Av. González Suárez, sentido EO, carril Derecho.

MÉTODO PCI														
ÍNDICE DE CONDICIONAL DEL PAVIMENTO EN VÍAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE														
HOJA DE REGISTRO						Tramo:			Av. González Suárez					
Nombre de la vía:		Av. de las Américas				Sección:		EO		Carril:		Derecho		
Ejecutor:		María José Barriga - Jéssica Chaca				Fecha:		5-sep-19		Área (m2):		155		
1. Piel de cocodrilo (m²)			6. Depresión (m²)			11. Parches (m²)			16. Desplazamiento (m²)					
2. Exudación (m²)			7. Fisura de borde (m)			12. Agregado Pulido (m²)			17. Fisura Parabólica o por desplazamiento (m²)					
3. Fisuras en bloque (m²)			8. Fisura de reflexión de junta (m)			13. Baches (unidad)			18. Hinchamiento (m²)					
4. Abultamientos y hundimientos (m)			9. Desnivel carril-berma (m)			14. Cruce de vía férrea (m²)			19. Meteorización (m²)					
5. Corrugación (m²)			10. Fisuras longitudinales y transversal (m)			15. Ahuellamiento (m²)								
FALLA		CANTIDAD					TOTAL		DENSIDAD		VD		VDT	
11M		3	3,8	4,5				11,3	7,29	28				
10M		3						3	1,94	13				
19H		40						40	25,81	65			106	
											m		7,61	
											q		2	

Tabla 46. Cálculo del PCI de la Av. González Suárez, sentido EO, carril derecho.

CÁLCULO DEL PCI						
#	Valor Deducido			TDV	q	CDV
1	65	28	13	106	3	66
2	65	28	2	95	2	64
3	65	2	2	69	1	68
					MAX CDV	68
					PCI	32
					CLASIFICACIÓN	MALO





Tabla 47. Hoja de Registro del tramo de la Av. González Suárez, sentido OE, carril izquierdo.

MÉTODO PCI											
ÍNDICE DE CONDICIONAL DEL PAVIMENTO EN VÍAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE											
HOJA DE REGISTRO						Tramo:			Av. González Suárez		
Nombre de la vía:		Av. de las Américas				Sección:	OE		Carril:		Izquierdo
Ejecutor:		María José Barriga - Jéssica Chaca				Fecha:	5-sep-19		Área (m2):		155
1. Piel de cocodrilo (m²)			6. Depresión (m²)			11. Parches (m²)			16. Desplazamiento (m²)		
2. Exudación (m²)			7. Fisura de borde (m)			12. Agregado Pulido (m²)			17. Fisura Parabólica o por desplazamiento		
3. Fisuras en bloque (m²)			8. Fisura de reflexión de junta (m)			13. Baches (unidad)			18. Hinchamiento (m²)		
4. Abultamientos y hundimientos (m)			9. Desnivel carril-berma (m)			14. Cruce de vía férrea (m²)			19. Meteorización (m²)		
5. Corrugación (m²)			10. Fisuras longitudinales y transversal (m)			15. Ahuellamiento (m²)					
FALLA	CANTIDAD					TOTAL		DENSIDAD	VD	VDT	
12	40							40	25,81	9	41
11M	4,5	16						20,5	13,23	32	
										m	7,24
										q	2

Tabla 48. Cálculo del PCI de la Av. González Suárez, sentido OE, carril izquierdo.

CÁLCULO DEL PCI					
#	Valor Deducido		TDV	q	CDV
1	60	32	92	2	62
2	60	2	62	1	60
				MAX CDV	62
				PCI	38
				CLASIFICACIÓN	MALO



Tabla 49. Hoja de Registro del tramo de la Av. González Suárez, sentido OE, carril centro.

MÉTODO PCI											
ÍNDICE DE CONDICIONAL DEL PAVIMENTO EN VÍAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE											
HOJA DE REGISTRO						Tramo:			Av. González Suárez		
Nombre de la vía:		Av. de las Américas				Sección:	OE		Carril:		Centro
Ejecutor:		María José Barriga - Jéssica Chaca				Fecha:	5-sep-19		Área (m2):		155
1. Piel de cocodrilo (m²)			6. Depresión (m²)			11. Parches (m²)			16. Desplazamiento (m²)		
2. Exudación (m²)			7. Fisura de borde (m)			12. Agregado Pulido (m²)			17. Fisura Parabólica o por desplazamiento		
3. Fisuras en bloque (m²)			8. Fisura de reflexión de junta (m)			13. Baches (unidad)			18. Hinchamiento (m²)		
4. Abultamientos y hundimientos (m)			9. Desnivel carril-berma (m)			14. Cruce de vía férrea (m²)			19. Meteorización (m²)		
5. Corrugación (m²)			10. Fisuras longitudinales y transversal (m)			15. Ahuellamiento (m²)					
FALLA		CANTIDAD						TOTAL	DENSIDAD	VD	VDT
11M	18	23						41	26,45	45	130
10M	10							10	6,45	25	
19H	40							40	25,81	60	
										m	6,05
										q	3

Tabla 50. Cálculo del PCI de la Av. González Suárez, sentido OE, carril centro.

CÁLCULO DEL PCI						
#	Valor Deducido			TDV	q	CDV
1	60	45	25	130	3	84
2	60	45	2	107	2	74
3	60	2	2	64	1	64
					MAX CDV	84
					PCI	16
					CLASIFICACIÓN	MUY MALO



Tabla 51. Hoja de Registro del tramo de la Av. González Suárez, sentido OE, carril derecho.

MÉTODO PCI											
ÍNDICE DE CONDICIONAL DEL PAVIMENTO EN VÍAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE											
HOJA DE REGISTRO						Tramo:			Av. González Suárez		
Nombre de la vía:		Av. de las Américas				Sección:	OE		Carril:	Derecho	
Ejecutor:		María José Barriga - Jéssica Chaca				Fecha:	5-sep-19		Área (m2):	155	
1. Piel de cocodrilo (m²)			6. Depresión (m²)			11. Parches (m²)			16. Desplazamiento (m²)		
2. Exudación (m²)			7. Fisura de borde (m)			12. Agregado Pulido (m²)			17. Fisura Parabólica o por desplazamiento		
3. Fisuras en bloque (m²)			8. Fisura de reflexión de junta (m)			13. Baches (unidad)			18. Hinchamiento (m²)		
4. Abultamientos y hundimientos (m)			9. Desnivel carril-berma (m)			14. Cruce de vía férrea (m²)			19. Meteorización (m²)		
5. Corrugación (m²)			10. Fisuras longitudinales y transversal (m)			15. Ahuellamiento (m²)					
FALLA		CANTIDAD					TOTAL		DENSIDAD	VD	VDT
11M	2							2	1,29	10	98
10M	12							12	7,74	28	
19H	40							40	25,81	60	
										m	7,61
										q	3

Tabla 52. Cálculo del PCI de la Av. González Suárez, sentido OE, carril derecho.

CÁLCULO DEL PCI						
#	Valor Deducido			TDV	q	CDV
1	60	28	10	98	3	70
2	60	28	2	90	2	66
3	60	2	2	64	1	64
					MAX CDV	70
					PCI	30
					CLASIFICACIÓN	MALO



Tabla 53. Hoja de Registro del tramo parque Jacaranda, sección 1, carril izquierdo.

MÉTODO PCI											
ÍNDICE DE CONDICIONAL DEL PAVIMENTO EN VÍAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE											
HOJA DE REGISTRO						Tramo:			Parque Jacaranda		
Nombre de la vía:		Av. de las Américas				Sección:	1		Carril:		Izquierdo
Ejecutor:		María José Barriga - Jéssica Chaca				Fecha:	5-sep-19		Área (m2):		155
1. Piel de cocodrilo (m²)		6. Depresión (m²)				11. Parches (m²)			16. Desplazamiento (m²)		
2. Exudación (m²)		7. Fisura de borde (m)				12. Agregado Pulido (m²)			17. Fisura Parabólica o por desplazamiento (m²)		
3. Fisuras en bloque (m²)		8. Fisura de reflexión de junta (m)				13. Baches (unidad)			18. Hinchamiento (m²)		
4. Abultamientos y hundimientos (m)		9. Desnivel carril-berma (m)				14. Cruce de vía férrea (m²)			19. Meteorización (m²)		
5. Corrugación (m²)		10. Fisuras longitudinales y transversal (m)				15. Ahuellamiento (m²)					
FALLA	CANTIDAD							TOTAL	DENSIDAD	VD	VDT
11M	1,4							1,4	0,90	9	30
10M	3,3	6,3						9,6	6,19	21	
										m	8,26
										q	2

Tabla 54. Cálculo del PCI del tramo parque Jacaranda, sección 1, carril izquierdo.

CÁLCULO DEL PCI						
#	Valor Deducido			TDV	q	CDV
1	21	9	7	37	3	24
2	21	9	2	32	2	24
3	21	2	2	25	1	28
					HDV	28
					PCI	72
					CLASIFICACIÓN	MUY BUENO



MÉTODO PCI													
ÍNDICE DE CONDICIONAL DEL PAVIMENTO EN VÍAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE													
HOJA DE REGISTRO						Tramo:			Parque Jacaranda				
Nombre de la vía:		Av. de las Américas				Sección:		1		Carril:		Centro	
Ejecutor:		María José Barriga - Jéssica Chaca				Fecha:		5-sep-19		Área (m2):		155	
1. Piel de cocodrilo (m²)		6. Depresión (m²)				11. Parches (m²)			16. Desplazamiento (m²)				
2. Exudación (m²)		7. Fisura de borde (m)				12. Agregado Pulido (m²)			17. Fisura Parabólica o por desplazamiento (m²)				
3. Fisuras en bloque (m²)		8. Fisura de reflexión de junta (m)				13. Baches (unidad)			18. Hinchamiento (m²)				
4. Abultamientos y hundimientos (m)		9. Desnivel carril-berma (m)				14. Cruce de vía férrea (m²)			19. Meteorización (m²)				
5. Corrugación (m²)		10. Fisuras longitudinales y transversal (m)				15. Ahuellamiento (m²)							
FALLA	CANTIDAD					TOTAL		DENSIDAD	VD	VDT			
11M	6,4	2,8					9,2	5,94	21	40			
10M	3,3	2,3					5,6	3,61	19				
12	40						40	25,81	7				
									m	8,26			
									q	3			

CÁLCULO DEL PCI						
#	Valor Deducido			TDV	q	CDV
1	21	19	7	47	3	30
2	21	19	2	42	2	32
3	21	2	2	25	1	26
					HDV	32
					PCI	68
					CLASIFICACIÓN	BUENO



Tabla 57. Hoja de Registro del tramo parque Jacaranda, sección 1, carril derecho.

MÉTODO PCI											
ÍNDICE DE CONDICIONAL DEL PAVIMENTO EN VÍAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE											
HOJA DE REGISTRO						Tramo:			Parque Jacaranda		
Nombre de la vía:		Av. de las Américas				Sección:	1		Carril:		Derecho
Ejecutor:		María José Barriga - Jéssica Chaca				Fecha:	5-sep-19		Área (m2):		155
1. Piel de cocodrilo (m²)		6. Depresión (m²)				11. Parches (m²)			16. Desplazamiento (m²)		
2. Exudación (m²)		7. Fisura de borde (m)				12. Agregado Pulido (m²)			17. Fisura Parabólica o por desplazamiento (m²)		
3. Fisuras en bloque (m²)		8. Fisura de reflexión de junta (m)				13. Baches (unidad)			18. Hinchamiento (m²)		
4. Abultamientos y hundimientos (m)		9. Desnivel carril-berma (m)				14. Cruce de vía férrea (m²)			19. Meteorización (m²)		
5. Corrugación (m²)		10. Fisuras longitudinales y transversal (m)				15. Ahuellamiento (m²)					
FALLA		CANTIDAD						TOTAL	DENSIDAD	VD	VDT
11M	6,4	1,4						7,8	5,03	21	41
10M	3	3,3						6,3	4,06	20	
12	40							40	25,81	7	
									m	8,26	
									q	3	

Tabla 58. Cálculo del PCI del tramo parque Jacaranda, sección 1, carril derecho.

CÁLCULO DEL PCI							
#	Valor Deducido			TDV	q	CDV	
1	21	20	7	48	3	30	
2	21	20	2	43	2	32	
3	21	2	2	25	1	26	
					HDV	32	
					PCI	68	
					CLASIFICACIÓN	BUENO	



Tabla 59. Hoja de Registro del tramo parque Jacaranda, sección 2, carril izquierdo.

MÉTODO PCI																					
ÍNDICE DE CONDICIONAL DEL PAVIMENTO EN VÍAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE																					
HOJA DE REGISTRO						Tramo:			Parque Jacaranda												
Nombre de la vía:		Av. de las Américas				Sección:		2		Carril:		Izquierdo									
Ejecutor:		María José Barriga - Jéssica Chaca				Fecha:		5-sep-19		Área (m2):		155									
1. Piel de cocodrilo (m²)		6. Depresión (m²)				11. Parches (m²)			16. Desplazamiento (m²)												
2. Exudación (m²)		7. Fisura de borde (m)				12. Agregado Pulido (m²)			17. Fisura Parabólica o por desplazamiento (m²)												
3. Fisuras en bloque (m²)		8. Fisura de reflexión de junta (m)				13. Baches (unidad)			18. Hinchamiento (m²)												
4. Abultamientos y hundimientos (m)		9. Desnivel carril-berma (m)				14. Cruce de vía férrea (m²)			19. Meteorización (m²)												
5. Corrugación (m²)		10. Fisuras longitudinales y transversal (m)				15. Ahuellamiento (m²)															
FALLA		CANTIDAD						TOTAL		DENSIDAD		VD		VDT							
10M		3,1		9,3		20		6,2						38,6		24,90		45		52	
12		40												40		25,81		7			
																m		6,05			
																q		2			

Tabla 60. Cálculo del PCI del tramo parque Jacaranda, sección 2, carril izquierdo.

CÁLCULO DEL PCI					
#	Valor Deducido		TDV	q	CDV
1	45	7	52	2	40
2	45	2	47	1	48
				HDV	48
				PCI	52
				CLASIFICACIÓN	REGULAR





Tabla 61. Hoja de Registro del tramo parque Jacaranda, sección 2, carril centro.

MÉTODO PCI											
ÍNDICE DE CONDICIONAL DEL PAVIMENTO EN VÍAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE											
HOJA DE REGISTRO						Tramo:			Parque Jacaranda		
Nombre de la vía:		Av. de las Américas				Sección:	2		Carril:	Centro	
Ejecutor:		María José Barriga - Jéssica Chaca				Fecha:	5-sep-19		Área (m2):	155	
1. Piel de cocodrilo (m²)		6. Depresión (m²)				11. Parches (m²)			16. Desplazamiento (m²)		
2. Exudación (m²)		7. Fisura de borde (m)				12. Agregado Pulido (m²)			17. Fisura Parabólica o por desplazamiento (m²)		
3. Fisuras en bloque (m²)		8. Fisura de reflexión de junta (m)				13. Baches (unidad)			18. Hinchamiento (m²)		
4. Abultamientos y hundimientos (m)		9. Desnivel carril-berma (m)				14. Cruce de vía férrea (m²)			19. Meteorización (m²)		
5. Corrugación (m²)		10. Fisuras longitudinales y transversal (m)				15. Ahuellamiento (m²)					
FALLA	CANTIDAD					TOTAL		DENSIDAD	VD	VDT	
10M	1,4	2,8	2,1	3,1			9,4	6,06	27	34	
12	40						40	25,81	7		
									m	7,70	
									q	2	

Tabla 62. Cálculo del PCI del tramo parque Jacaranda, sección 2, carril centro.

CÁLCULO DEL PCI				
#	Valor Deducido		TDV	q
1	27	7	34	2
2	27	2	29	1
				HDV
				30
				PCI
				70
				CLASIFICACIÓN
				BUENO



Tabla 63. Hoja de Registro del tramo parque Jacaranda, sección 2, carril izquierdo.

MÉTODO PCI											
ÍNDICE DE CONDICIONAL DEL PAVIMENTO EN VÍAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE											
HOJA DE REGISTRO						Tramo:			Parque Jacaranda		
Nombre de la vía:		Av. de las Américas				Sección:	2		Carril:	Derecho	
Ejecutor:		María José Barriga - Jéssica Chaca				Fecha:	5-sep-19		Área (m2):	155	
1. Piel de cocodrilo (m²)		6. Depresión (m²)				11. Parches (m²)			16. Desplazamiento (m²)		
2. Exudación (m²)		7. Fisura de borde (m)				12. Agregado Pulido (m²)			17. Fisura Parabólica o por desplazamiento (m²)		
3. Fisuras en bloque (m²)		8. Fisura de reflexión de junta (m)				13. Baches (unidad)			18. Hinchamiento (m²)		
4. Abultamientos y hundimientos (m)		9. Densivel carril-berma (m)				14. Cruce de vía férrea (m²)			19. Meteorización (m²)		
5. Corrugación (m²)		10. Fisuras longitudinales y transversal (m)				15. Ahuellamiento (m²)					
FALLA		CANTIDAD					TOTAL		DENSIDAD	VD	VDT
10M	3,1	9,3	20	6,2				38,6	24,90	45	52
12	40							40	25,81	7	
									m	6,05	
									q	2	

Tabla 64. Cálculo del PCI del tramo parque Jacaranda, sección 2, carril derecho.

CÁLCULO DEL PCI					
#	Valor Deducido		TDV	q	CDV
1	45	7	52	2	40
2	45	2	47	3	48
				HDV	48
				PCI	52
				CLASIFICACIÓN	REGULAR



Tabla 65. Hoja de Registro del tramo parque Jacaranda, sección 1, carril izquierdo.

MÉTODO PCI													
ÍNDICE DEL PAVIMENTO EN VÍAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE													
HOJA DE REGISTRO						Tramo:			Parque Jacaranda				
Nombre de la vía:		Av. de las Américas				Sección:		3		Carril:		Izquierdo	
Ejecutor:		María José Barriga - Jéssica Chaca				Fecha:		5-sep-19		Área (m2):		155	
1. Piel de cocodrilo (m²)			6. Depresión (m²)			11. Parches (m²)			16. Desplazamiento (m²)				
2. Exudación (m²)			7. Fisura de borde (m)			12. Agregado Pulido (m²)			17. Fisura Parabólica o por desplazamiento (m²)				
3. Fisuras en bloque (m²)			8. Fisura de reflexión de junta (m)			13. Baches (unidad)			18. Hinchamiento (m²)				
4. Abultamientos y hundimientos (m)			9. Desnivel carril-berma (m)			14. Cruce de vía férrea (m²)			19. Meteorización (m²)				
5. Corrugación (m²)			10. Fisuras longitudinales y transversal (m)			15. Ahuellamiento (m²)							
FALLA		CANTIDAD						TOTAL	DENSIDAD	VD	VDT		
11M	0,72	0,48	0,52					1,72	1,11	10	58		
11H	0,36	0,75	0,8	0,6				2,51	1,62	22			
10M	1	3,1						44,1	28,45	19			
12	40							40	25,81	7			
										m	8,16		
										a	4		

Tabla 66. Cálculo del PCI del tramo parque Jacaranda, sección 1, carril izquierdo.

CÁLCULO DEL PCI							
#	Valor Deducido				TDV	q	CDV
1	22	19	10	7	58	4	32
2	22	19	10	2	53	3	34
3	22	19	2	2	45	2	36
4	22	2	2	2	28	1	30
						HDV	36
						PCI	64
						CLASIFICACIÓN	BUENO



Tabla 67. Hoja de Registro del tramo parque Jacaranda, sección 1, carril izquierdo.

MÉTODO PCI													
ÍNDICE DE CONDICIONAL DEL PAVIMENTO EN VÍAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE													
HOJA DE REGISTRO						Tramo:			Parque Jacaranda				
Nombre de la vía:		Av. de las Américas				Sección:		3		Carril:		Centro	
Ejecutor:		María José Barriga - Jéssica Chaca				Fecha:		5-sep-19		Área (m2):		155	
1. Piel de cocodrilo (m²)			6. Depresión (m²)			11. Parches (m²)			16. Desplazamiento (m²)				
2. Exudación (m²)			7. Fisura de borde (m)			12. Agregado Pulido (m²)			17. Fisura Parabólica o por desplazamiento (m²)				
3. Fisuras en bloque (m²)			8. Fisura de reflexión de junta (m)			13. Baches (unidad)			18. Hinchamiento (m²)				
4. Abultamientos y hundimientos (m)			9. Densivel carril-berma (m)			14. Cruce de vía férrea (m²)			19. Meteorización (m²)				
5. Corrugación (m²)			10. Fisuras longitudinales y transversal (m)			15. Ahuellamiento (m²)							
FALLA		CANTIDAD						TOTAL	DENSIDAD	VD	VDT		
11M	0,72	0,48	0,52	24				25,72	16,59	36	92		
11H	0,36	1,5						1,86	1,20	20			
10M	3,1	3,1	6,2					52,4	33,81	29			
12	40							40	25,81	7			
										m	6,88		
										q	4		

Tabla 68. Cálculo del PCI del tramo parque Jacaranda, sección 1, carril izquierdo.

CÁLCULO DEL PCI							
#	Valor Deducido				TDV	q	CDV
1	36	29	20	7	92	4	54
2	36	29	20	2	87	3	56
3	36	29	2	2	69	2	52
4	36	2	2	2	42	1	44
						HDV	56
						PCI	44
						CLASIFICACIÓN	REGULAR



Tabla 69. Hoja de Registro del tramo parque Jacaranda, sección 2, carril derecho.

MÉTODO PCI													
ÍNDICE DE CONDICIONAL DEL PAVIMENTO EN VÍAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE													
HOJA DE REGISTRO						Tramo:			Parque Jacaranda				
Nombre de la vía:		Av. de las Américas				Sección:		3		Carril:		Derecho	
Ejecutor:		María José Barriga - Jéssica Chaca				Fecha:		5-sep-19		Área (m2):		155	
1. Piel de cocodrilo (m²)			6. Depresión (m²)			11. Parches (m²)			16. Desplazamiento (m²)				
2. Exudación (m²)			7. Fisura de borde (m)			12. Agregado Pulido (m²)			17. Fisura Parabólica o por desplazamiento (m²)				
3. Fisuras en bloque (m²)			8. Fisura de reflexión de junta (m)			13. Baches (unidad)			18. Hinchamiento (m²)				
4. Abultamientos y hundimientos (m)			9. Desnivel carril-berma (m)			14. Cruce de vía férrea (m²)			19. Meteorización (m²)				
5. Corrugación (m²)			10. Fisuras longitudinales y transversal (m)			15. Ahuellamiento (m²)							
FALLA	CANTIDAD						TOTAL		DENSIDAD	VD	VDT		
11M	0,96	24						24,96	16,10	38	100		
11H	0,8	0,6						1,4	0,90	20			
10M	3,5	6,2	1	3,1	3,1	3,1	1,2	61,2	39,48	35			
12	40							40	25,81	7			
										m	6,69		
										q	4		

Tabla 70. Cálculo del PCI del tramo parque Jacaranda, sección 2, carril derecho.

CÁLCULO DEL PCI								
#	Valor Deducido				TDV	q	CDV	
1	38	35	20	7	100	4	60	
2	38	35	20	2	95	3	62	
3	38	35	2	2	77	2	56	
4	38	2	2	2	44	1	46	
						HDV	62	
						PCI	38	
						CLASIFICACIÓN	REGULAR	



Tabla 71. Hoja de Registro del tramo parque Miraflores, sección 1, carril izquierdo.

MÉTODO PCI													
ÍNDICE DE CONDICIONAL DEL PAVIMENTO EN VÍAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE													
HOJA DE REGISTRO						Tramo:			Parque Miraflores				
Nombre de la vía:		Av. de las Américas				Sección:		1		Carril: <td colspan="2">Izquierdo</td>		Izquierdo	
Ejecutor:		María José Barriga - Jéssica Chaca				Fecha:		6-sep-19		Área (m2):		155	
1. Piel de cocodrilo (m²)		6. Depresión (m²)				11. Parches (m²)			16. Desplazamiento (m²)				
2. Exudación (m²)		7. Fisura de borde (m)				12. Agregado Pulido (m²)			17. Fisura Parabólica o por desplazamiento (m²)				
3. Fisuras en bloque (m²)		8. Fisura de reflexión de junta (m)				13. Baches (unidad)			18. Hinchamiento (m²)				
4. Abultamientos y hundimientos (m)		9. Desnivel carril-berma (m)				14. Cruce de vía férrea (m²)			19. Meteorización (m²)				
5. Corrugación (m²)		10. Fisuras longitudinales y transversal (m)				15. Ahuellamiento (m²)							
FALLA		CANTIDAD						TOTAL	DENSIDAD	VD	VDT		
10M	3,1	3,1						6,2	4,00	23	23		
										m	8,07		
										q	1		

Tabla 72. Cálculo del PCI del tramo parque Miraflores, sección 1, carril izquierdo.

CÁLCULO DEL PCI					
#	Valor Deducido		TDV	q	CDV
1	23	2	25	1	27

HDV	27
PCI	73
CLASIFICACIÓN	BUENO



Tabla 73. Hoja de Registro del tramo parque Miraflores, sección 1, carril centro.

MÉTODO PCI											
ÍNDICE DE CONDICIONAL DEL PAVIMENTO EN VÍAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE											
HOJA DE REGISTRO						Tramo:			Parque Miraflores		
Nombre de la vía:		Av. de las Américas				Sección:	1		Carril:	Centro	
Ejecutor:		María José Barriga - Jéssica Chaca				Fecha:	6-sep-19		Área (m2):	155	
1. Piel de cocodrilo (m²)		6. Depresión (m²)				11. Parches (m²)			16. Desplazamiento (m²)		
2. Exudación (m²)		7. Fisura de borde (m)				12. Agregado Pulido (m²)			17. Fisura Parabólica o por desplazamiento (m²)		
3. Fisuras en bloque (m²)		8. Fisura de reflexión de junta (m)				13. Baches (unidad)			18. Hinchamiento (m²)		
4. Abultamientos y hundimientos (m)		9. Desnivel carril-berma (m)				14. Cruce de vía férrea (m²)			19. Meteorización (m²)		
5. Corrugación (m²)		10. Fisuras longitudinales y transversal (m)				15. Ahuellamiento (m²)					
FALLA	CANTIDAD					TOTAL		DENSIDAD	VD	VDT	
10M	3,1	3,1	6	3,1	1			16,3	10,52	30	30
									m	7,43	
									q	1	

Tabla 74. Cálculo del PCI del tramo parque Miraflores, sección 1, carril iz.

CÁLCULO DEL PCI				
#	Valor Deducido		TDV	CDV
1	30	2	32	32

HDV	32
PCI	68
CLASIFICACIÓN	BUENO





Tabla 75. Hoja de Registro del tramo parque Miraflores, sección 1, carril derecho.

MÉTODO PCI											
ÍNDICE DE CONDICIONAL DEL PAVIMENTO EN VÍAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE											
HOJA DE REGISTRO						Tramo:			Parque Miraflores		
Nombre de la vía:		Av. de las Américas				Sección:	1		Carril:	Derecho	
Ejecutor:		María José Barriga - Jéssica Chaca				Fecha:	6-sep-19		Área (m2):	155	
1. Piel de cocodrilo (m²)		6. Depresión (m²)				11. Parches (m²)			16. Desplazamiento (m²)		
2. Exudación (m²)		7. Fisura de borde (m)				12. Agregado Pulido (m²)			17. Fisura Parabólica o por desplazamiento (m²)		
3. Fisuras en bloque (m²)		8. Fisura de reflexión de junta (m)				13. Baches (unidad)			18. Hinchamiento (m²)		
4. Abultamientos y hundimientos (m)		9. Desnivel carril-berma (m)				14. Cruce de vía férrea (m²)			19. Meteorización (m²)		
5. Corrugación (m²)		10. Fisuras longitudinales y transversal (m)				15. Ahuellamiento (m²)					
FALLA	CANTIDAD					TOTAL		DENSIDAD	VD	VDT	
10M	3,1	0,5	3,1	2				8,7	5,61	24	24
									m	7,98	
									q	1	

Tabla 76. Cálculo del PCI del tramo parque Miraflores, sección 1, carril derecho.

CÁLCULO DEL PCI				
#	Valor Deducido		TDV	CDV
1	24	2	26	26

HDV	26
PCI	74
CLASIFICACIÓN	BUENO



Tabla 77. Hoja de Registro del tramo parque Miraflores, sección 2, carril centro.

MÉTODO PCI											
ÍNDICE DE CONDICIONAL DEL PAVIMENTO EN VÍAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE											
HOJA DE REGISTRO						Tramo:			Parque Miraflores		
Nombre de la vía:		Av. de las Américas				Sección:	2		Carril:	Centro	
Ejecutor:		María José Barriga - Jéssica Chaca				Fecha:	6-sep-19		Área (m2):	155	
1. Piel de cocodrilo (m²)		6. Depresión (m²)				11. Parches (m²)			16. Desplazamiento (m²)		
2. Exudación (m²)		7. Fisura de borde (m)				12. Agregado Pulido (m²)			17. Fisura Parabólica o por desplazamiento (m²)		
3. Fisuras en bloque (m²)		8. Fisura de reflexión de junta (m)				13. Baches (unidad)			18. Hinchamiento (m²)		
4. Abultamientos y hundimientos (m)		9. Desnivel carril-berma (m)				14. Cruce de vía férrea (m²)			19. Meteorización (m²)		
5. Corrugación (m²)		10. Fisuras longitudinales y transversal (m)				15. Ahuellamiento (m²)					
FALLA	CANTIDAD						TOTAL	DENSIDAD	VD	VDT	
11M	1,4	1,6	1,1	1,5	1,5			7,1	4,58	25	69
10M	3,1	4	3,1	3,1	3,1	0,8	3,1	29,6	19,10	44	
	3,1	3,1	3,1							m	
										q	2

Tabla 78. Cálculo del PCI del tramo parque Miraflores, sección 2, carril centro.

CÁLCULO DEL PCI					
#	Valor Deducido		CDV	q	TDV
1	44	25	69	2	52
2	44	2	46	1	46
				HDV	52
				PCI	48
				CLASIFICACIÓN	REGULAR



Tabla 79. Hoja de Registro del tramo parque Miraflores, sección 2, carril derecho.

MÉTODO PCI																	
ÍNDICE DE CONDICIONAL DEL PAVIMENTO EN VÍAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE																	
HOJA DE REGISTRO						Tramo:			Parque Miraflores								
Nombre de la vía:		Av. de las Américas				Sección:		2		Carril:		Derecho					
Ejecutor:		María José Barriga - Jéssica Chaca				Fecha:		6-sep-19		Área (m2):		155					
1. Piel de cocodrilo (m²)		6. Depresión (m²)				11. Parches (m²)			16. Desplazamiento (m²)								
2. Exudación (m²)		7. Fisura de borde (m)				12. Agregado Pulido (m²)			17. Fisura Parabólica o por desplazamiento (m²)								
3. Fisuras en bloque (m²)		8. Fisura de reflexión de junta (m)				13. Baches (unidad)			18. Hinchamiento (m²)								
4. Abultamientos y hundimientos (m)		9. Desnivel carril-berma (m)				14. Cruce de vía férrea (m²)			19. Meteorización (m²)								
5. Corrugación (m²)		10. Fisuras longitudinales y transversal (m)				15. Ahuellamiento (m²)											
FALLA		CANTIDAD						TOTAL		DENSIDAD		VD		VDT			
11M		1,5		1,5		2				5		3,23		20			
10M		3,1		4,2		6,2		3,1		3,1		3,1		3,1			
		3,1										29		18,71		42	
												m		6,33			
												q		2			

Tabla 80. Cálculo del PCI del tramo parque Miraflores, sección 2, carril derecho.

CÁLCULO DEL PCI					
#	Valor Deducido		CDV	q	TDV
1	42	16	58	2	46
2	42	2	44	1	44
				HDV	46
				PCI	54
				CLASIFICACIÓN	REGULAR



Tabla 81. Hoja de Registro del tramo parque Miraflores, sección 3, carril izquierdo.

MÉTODO PCI													
ÍNDICE DE CONDICIONAL DEL PAVIMENTO EN VÍAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE													
HOJA DE REGISTRO						Tramo:			Parque Miraflores				
Nombre de la vía:		Av. de las Américas				Sección:		3		Carril:		Izquierdo	
Ejecutor:		María José Barriga - Jéssica Chaca				Fecha:		6-sep-19		Área (m2):		155	
1. Piel de cocodrilo (m²)			6. Depresión (m²)			11. Parches (m²)			16. Desplazamiento (m²)				
2. Exudación (m²)			7. Fisura de borde (m)			12. Agregado Pulido (m²)			17. Fisura Parabólica o por desplazamiento (m²)				
3. Fisuras en bloque (m²)			8. Fisura de reflexión de junta (m)			13. Baches (unidad)			18. Hinchamiento (m²)				
4. Abultamientos y hundimientos (m)			9. Desnivel carril-berma (m)			14. Cruce de vía férrea (m²)			19. Meteorización (m²)				
5. Corrugación (m²)			10. Fisuras longitudinales y transversal (m)			15. Ahuellamiento (m²)							
FALLA		CANTIDAD						TOTAL	DENSIDAD	VD	VDT		
11M		0,6	1	1,5				3,1	2,00	15			
10M		3,1	3,1	3,1	3,1	6,2	3,1	6,5	31,3	20,19			
		3,1											
										m	6,51		
										q	2		

Tabla 82. Cálculo del PCI del tramo parque Miraflores, sección 3, carril izquierdo.

CÁLCULO DEL PCI					
#	Valor Deducido		CDV	q	TDV
1	40	15	55	2	42
2	40	2	42	1	42

HDV	42
PCI	58
CLASIFICACIÓN	REGULAR



Tabla 83. Hoja de Registro del tramo parque Miraflores, sección 3, carril centro.

MÉTODO PCI													
ÍNDICE DE CONDICIONAL DEL PAVIMENTO EN VÍAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE													
HOJA DE REGISTRO						Tramo:			Parque Miraflores				
Nombre de la vía:		Av. de las Américas				Sección:		3		Carril:		Centro	
Ejecutor:		María José Barriga - Jéssica Chaca				Fecha:		6-sep-19		Área (m2):		155	
1. Piel de cocodrilo (m²)		6. Depresión (m²)				11. Parches (m²)			16. Desplazamiento (m²)				
2. Exudación (m²)		7. Fisura de borde (m)				12. Agregado Pulido (m²)			17. Fisura Parabólica o por desplazamiento (m²)				
3. Fisuras en bloque (m²)		8. Fisura de reflexión de junta (m)				13. Baches (unidad)			18. Hinchamiento (m²)				
4. Abultamientos y hundimientos (m)		9. Desnivel carril-berma (m)				14. Cruce de vía férrea (m²)			19. Meteorización (m²)				
5. Corrugación (m²)		10. Fisuras longitudinales y transversal (m)				15. Ahuellamiento (m²)							
FALLA	CANTIDAD						TOTAL		DENSIDAD	VD	VDT		
11M	0,6	0,9	0,6	1,1				3,2	2,06	15			
10M	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	49,1	31,68	47	62		
	3,1	3,1	3,1	6	6	3	3,1			m	5,87		
										q	2		

Tabla 84. Cálculo del PCI del tramo parque Miraflores, sección 3, carril centro.

CÁLCULO DEL PCI					
#	Valor Deducido		CDV	q	TDV
1	47	15	62	2	44
2	47	2	49	1	49

HDV	49
PCI	51
CLASIFICACIÓN	REGULAR



Tabla 85. Hoja de Registro del tramo parque Miraflores, sección 3, carril derecho.

MÉTODO PCI													
ÍNDICE DE CONDICIONAL DEL PAVIMENTO EN VÍAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE													
HOJA DE REGISTRO						Tramo:			Parque Miraflores				
Nombre de la vía:		Av. de las Américas				Sección:		3		Carril: <td colspan="2">Derecho</td>		Derecho	
Ejecutor:		María José Barriga - Jéssica Chaca				Fecha:		6-sep-19		Área (m2):		155	
1. Piel de cocodrilo (m²)			6. Depresión (m²)			11. Parches (m²)			16. Desplazamiento (m²)				
2. Exudación (m²)			7. Fisura de borde (m)			12. Agregado Pulido (m²)			17. Fisura Parabólica o por desplazamiento (m²)				
3. Fisuras en bloque (m²)			8. Fisura de reflexión de junta (m)			13. Baches (unidad)			18. Hinchamiento (m²)				
4. Abultamientos y hundimientos (m)			9. Deseivel carril-berma (m)			14. Cruce de vía férrea (m²)			19. Meteorización (m²)				
5. Corrugación (m²)			10. Fisuras longitudinales y transversal (m)			15. Ahuellamiento (m²)							
FALLA		CANTIDAD						TOTAL	DENSIDAD	VD	VDT		
11M		0,6	0,9	1				2,5	1,61	13	53		
10M		3,1	3,1	3,1	3,1	3	3,1	3,1	30,9	19,94			40
		3,1	3,1	3,1						m			6,51
											q	2	

Tabla 86. Cálculo del PCI del tramo parque Miraflores, sección 3, carril derecho.

CÁLCULO DEL PCI					
#	Valor Deducido		CDV	q	TDV
1	40	13	53	2	40
2	40	2	42	1	42

HDV	42
PCI	58
CLASIFICACIÓN	REGULAR



Tabla 87. Hoja de Registro del tramo Daniel Alvarado – Miguel Vélez (Bomberos), sección 1, carril izquierdo.

MÉTODO PCI													
ÍNDICE DE CONDICIONAL DEL PAVIMENTO EN VÍAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE													
HOJA DE REGISTRO						Tramo:			Daniel Alvarado -Miguel Vélez (Bomberos)				
Nombre de la vía:		Av. de las Américas				Sección:		1		Carril:		Izquierdo	
Ejecutor:		María José Barriga - Jéssica Chaca				Fecha:		6-sep-19		Área (m2):		155	
1. Piel de cocodrilo (m²)			6. Depresión (m²)			11. Parches (m²)			16. Desplazamiento (m²)				
2. Exudación (m²)			7. Fisura de borde (m)			12. Agregado Pulido (m²)			17. Fisura Parabólica o por desplazamiento (m²)				
3. Fisuras en bloque (m²)			8. Fisura de reflexión de junta (m)			13. Baches (unidad)			18. Hinchamiento (m²)				
4. Abultamientos y hundimientos (m)			9. Desnivel carril-berma (m)			14. Cruce de vía férrea (m²)			19. Meteorización (m²)				
5. Corrugación (m²)			10. Fisuras longitudinales y transversal (m)			15. Ahuellamiento (m²)							
FALLA		CANTIDAD						TOTAL	DENSIDAD	VD	VDT		
11M	17,2	6	1,8	4,6	15,4			45	29,03	33	65		
10M	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1		18,6	12,00	32			
										m	7,15		
										q	2		

Tabla 88. Cálculo del PCI del tramo Daniel Alvarado – Miguel Vélez (Bomberos), sección 1, carril izquierdo.

CÁLCULO DEL PCI					
#	Valor Deducido		TDV	q	CDV
1	33	32	65	2	48
2	33	2	35	1	36
				HDV	48
				PCI	52
				CLASIFICACIÓN	REGULAR

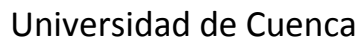




MÉTODO PCI											
ÍNDICE DE CONDICIONAL DEL PAVIMENTO EN VÍAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE											
HOJA DE REGISTRO						Tramo:			Daniel Alvarado -Miguel Vélez (Bomberos)		
Nombre de la vía:		Av. de las Américas				Sección:	1		Carril:		Centro
Ejecutor:		María José Barriga - Jéssica Chaca				Fecha:	6-sep-19		Área (m2):		155
1. Piel de cocodrilo (m²)			6. Depresión (m²)			11. Parches (m²)			16. Desplazamiento (m²)		
2. Exudación (m²)			7. Fisura de borde (m)			12. Agregado Pulido (m²)			17. Fisura Parabólica o por desplazamiento (m²)		
3. Fisuras en bloque (m²)			8. Fisura de reflexión de junta (m)			13. Baches (unidad)			18. Hinchamiento (m²)		
4. Abultamientos y hundimientos (m)			9. Desnivel carril-berma (m)			14. Cruce de vía férrea (m²)			19. Meteorización (m²)		
5. Corrugación (m²)			10. Fisuras longitudinales y transversal (m)			15. Ahuellamiento (m²)					
FALLA		CANTIDAD						TOTAL	DENSIDAD	VD	VDT
11M	4	2,25	3,6					9,85	6,35	25	65
10M	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	8	26,6	17,16	40	
										m	6,51
										q	2

Tabla 90. Cálculo del PCI del tramo Daniel Alvarado – Miguel Vélez (Bomberos), sección 1, carril centro.

CÁLCULO DEL PCI						
#	Valor Deducido		TDV	q	CDV	
1	40	25	65	2	48	
2	40	2	42	1	44	
				HDV		48
				PCI		52
				CLASIFICACIÓN		BUENO



MÉTODO PCI											
ÍNDICE DE CONDICIONAL DEL PAVIMENTO EN VÍAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE											
HOJA DE REGISTRO						Tramo:		Daniel Alvarado -Miguel Vélez (Bomberos)			
Nombre de la vía:		Av. de las Américas				Sección:		1		Carril:	
Ejecutor:		María José Barriga - Jéssica Chaca				Fecha:		6-sep-19		Área (m2):	
1. Piel de cocodrilo (m²)		6. Depresión (m²)				11. Parches (m²)		16. Desplazamiento (m²)			
2. Exudación (m²)		7. Fisura de borde (m)				12. Agregado Pulido (m²)		17. Fisura Parabólica o por desplazamiento (m²)			
3. Fisuras en bloque (m²)		8. Fisura de reflexión de junta (m)				13. Baches (unidad)		18. Hinchamiento (m²)			
4. Abultamientos y hundimientos (m)		9. Desnivel carril-berma (m)				14. Cruce de vía férrea (m²)		19. Meteorización (m²)			
5. Corrugación (m²)		10. Fisuras longitudinales y transversal (m)				15. Ahuellamiento (m²)					
FALLA	CANTIDAD					TOTAL		DENSIDAD	VD	VDT	
11M	2,5	15,5	3					21	13,55	33	
10M	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1		18,6	12,00	32	
12	9,6							9,6	6,19	3	
									m	7,15	
									q	3	

CÁLCULO DEL PCI						
#	Valor Deducido			TDV	q	CDV
1	33	32	3	68	3	44
2	33	32	2	67	2	48
3	33	2	2	37	1	38
				HDV	48	
				PCI	52	
				CLASIFICACIÓN	REGULAR	



MÉTODO PCI											
ÍNDICE DE CONDICIONAL DEL PAVIMENTO EN VÍAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE											
HOJA DE REGISTRO						Tramo:			Daniel Alvarado -Miguel Vélez (Bomberos)		
Nombre de la vía:		Av. de las Américas				Sección:	2		Carril:	Izquierdo	
Ejecutor:		María José Barriga - Jéssica Chaca				Fecha:	6-sep-19		Área (m2):	155	
1. Piel de cocodrilo (m²)		6. Depresión (m²)				11. Parches (m²)			16. Desplazamiento (m²)		
2. Exudación (m²)		7. Fisura de borde (m)				12. Agregado Pulido (m²)			17. Fisura Parabólica o por desplazamiento (m²)		
3. Fisuras en bloque (m²)		8. Fisura de reflexión de junta (m)				13. Baches (unidad)			18. Hinchamiento (m²)		
4. Abultamientos y hundimientos (m)		9. Desnivel carril-berma (m)				14. Cruce de vía férrea (m²)			19. Meteorización (m²)		
5. Corrugación (m²)		10. Fisuras longitudinales y transversal (m)				15. Ahuellamiento (m²)					
FALLA	CANTIDAD					TOTAL		DENSIDAD	VD	VDT	
11M	3	1,8	3,2	3	0,9	1,5	13,4	8,65	28	58	
10M	3,1	3,1	3,1	3,1			12,4	8,00	30		
									m	7,43	
									q	2	

Tabla 94. Cálculo del PCI del tramo Daniel Alvarado – Miguel Vélez (Bomberos), sección 2, carril izquierdo.

CÁLCULO DEL PCI					
#	Valor Deducido		TDV	q	CDV
1	30	28	58	2	43
2	30	2	32	1	34
				HDV	43
				PCI	57
				CLASIFICACIÓN	BUENO



MÉTODO PCI											
ÍNDICE DE CONDICIONAL DEL PAVIMENTO EN VÍAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE											
HOJA DE REGISTRO						Tramo:			Daniel Alvarado -Miguel Vélez (Bomberos)		
Nombre de la vía:		Av. de las Américas				Sección:	2		Carril:	Centro	
Ejecutor:		María José Barriga - Jéssica Chaca				Fecha:	6-sep-19		Área (m2):	155	
1. Piel de cocodrilo (m²)			6. Depresión (m²)			11. Parches (m²)			16. Desplazamiento (m²)		
2. Exudación (m²)			7. Fisura de borde (m)			12. Agregado Pulido (m²)			17. Fisura Parabólica o por desplazamiento (m²)		
3. Fisuras en bloque (m²)			8. Fisura de reflexión de junta (m)			13. Baches (unidad)			18. Hinchamiento (m²)		
4. Abultamientos y hundimientos (m)			9. Desnivel carril-berma (m)			14. Cruce de vía férrea (m²)			19. Meteorización (m²)		
5. Corrugación (m²)			10. Fisuras longitudinales y transversal (m)			15. Ahuellamiento (m²)					
FALLA		CANTIDAD						TOTAL	DENSIDAD	VD	VDT
11M	1	2,2	1,7					4,9	3,16	18	48
10M	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1			15,5	10,00	30	
									m	7,43	
									a	2	

Tabla 96. Cálculo del PCI del tramo Daniel Alvarado – Miguel Vélez (Bomberos), sección 2, carril centro.

CÁLCULO DEL PCI					
#	Valor Deducido		TDV	q	CDV
1	30	18	48	2	36
2	30	2	32	1	34
				HDV	36
				PCI	64
				CLASIFICACIÓN	BUENO



MÉTODO PCI											
ÍNDICE DE CONDICIONAL DEL PAVIMENTO EN VÍAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE											
HOJA DE REGISTRO						Tramo:			Daniel Alvarado -Miguel Vélez (Bomberos)		
Nombre de la vía:		Av. de las Américas				Sección:	2		Carril:	Derecho	
Ejecutor:		María José Barriga - Jéssica Chaca				Fecha:	6-sep-19		Área (m2):	155	
1. Piel de cocodrilo (m²)			6. Depresión (m²)			11. Parches (m²)			16. Desplazamiento (m²)		
2. Exudación (m²)			7. Fisura de borde (m)			12. Agregado Pulido (m²)			17. Fisura Parabólica o por desplazamiento (m²)		
3. Fisuras en bloque (m²)			8. Fisura de reflexión de junta (m)			13. Baches (unidad)			18. Hinchamiento (m²)		
4. Abultamientos y hundimientos (m)			9. Desnivel carril-berma (m)			14. Cruce de vía férrea (m²)			19. Meteorización (m²)		
5. Corrugación (m²)			10. Fisuras longitudinales y transversal (m)			15. Ahuellamiento (m²)					
FALLA	CANTIDAD					TOTAL		DENSIDAD	VD	VDT	
11M	0,6	1,6	2,3	1,3			5,8	3,74	20	50	
10M	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1		15,5	10,00	30		
									m	7,43	
									q	2	

Tabla 98. Cálculo del PCI del tramo Daniel Alvarado – Miguel Vélez (Bomberos), sección 2, carril derecho.

CÁLCULO DEL PCI					
#	Valor Deducido		TDV	q	CDV
1	30	20	50	2	38
2	30	2	32	1	34
				HDV	38
				PCI	62
				CLASIFICACIÓN	BUENA



MÉTODO PCI											
ÍNDICE DE CONDICIONAL DEL PAVIMENTO EN VÍAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE											
HOJA DE REGISTRO						Tramo:			Daniel Alvarado -Miguel Vélez (Bomberos)		
Nombre de la vía:		Av. de las Américas				Sección:	3		Carril:		Izquierdo
Ejecutor:		María José Barriga - Jéssica Chaca				Fecha:	6-sep-19		Área (m2):		155
1. Piel de cocodrilo (m²)		6. Depresión (m²)				11. Parches (m²)			16. Desplazamiento (m²)		
2. Exudación (m²)		7. Fisura de borde (m)				12. Agregado Pulido (m²)			17. Fisura Parabólica o por desplazamiento (m²)		
3. Fisuras en bloque (m²)		8. Fisura de reflexión de junta (m)				13. Baches (unidad)			18. Hinchamiento (m²)		
4. Abultamientos y hundimientos (m)		9. Desnivel carril-berma (m)				14. Cruce de vía férrea (m²)			19. Meteorización (m²)		
5. Corrugación (m²)		10. Fisuras longitudinales y transversal (m)				15. Ahuellamiento (m²)					
FALLA	CANTIDAD					TOTAL		DENSIDAD	VD	VDT	
11M	0,5	4,4						4,9	3,16	20	44
10M	2,2	3,1	3,1					8,4	5,42	24	
									m	7,98	
									q	2	

Tabla 100. Cálculo del PCI del tramo Daniel Alvarado – Miguel Vélez (Bomberos), sección 3, carril izquierdo.

CÁLCULO DEL PCI					
#	Valor Deducido		TDV	q	CDV
1	24	20	44	2	34
2	24	2	26	1	26
				HDV	34
				PCI	66
				CLASIFICACIÓN	BUENO



Tabla 101. Hoja de Registro del tramo Daniel Alvarado – Miguel Vélez (Bomberos), sección 3, carril centro.

MÉTODO PCI											
ÍNDICE DE CONDICIONAL DEL PAVIMENTO EN VÍAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE											
HOJA DE REGISTRO						Tramo:			Daniel Alvarado -Miguel Vélez (Bomberos)		
Nombre de la vía:		Av. de las Américas				Sección:	3		Carril:	Centro	
Ejecutor:		María José Barriga - Jéssica Chaca				Fecha:	6-sep-19		Área (m2):	155	
1. Piel de cocodrilo (m²)		6. Depresión (m²)				11. Parches (m²)			16. Desplazamiento (m²)		
2. Exudación (m²)		7. Fisura de borde (m)				12. Agregado Pulido (m²)			17. Fisura Parabólica o por desplazamiento (m²)		
3. Fisuras en bloque (m²)		8. Fisura de reflexión de junta (m)				13. Baches (unidad)			18. Hinchamiento (m²)		
4. Abultamientos y hundimientos (m)		9. Desnivel carril-berma (m)				14. Cruce de vía férrea (m²)			19. Meteorización (m²)		
5. Corrugación (m²)		10. Fisuras longitudinales y transversal (m)				15. Ahuellamiento (m²)					
FALLA	CANTIDAD					TOTAL		DENSIDAD	VD	VDT	
11M	0,8	0,5	0,96	1,6	0,8			4,66	3,01	21	41
10M	3,1	3,1						6,2	4,00	20	
									m	8,26	
									q	2	

Tabla 102. Cálculo del PCI del tramo Daniel Alvarado – Miguel Vélez (Bomberos), sección 3, carril centro

CÁLCULO DEL PCI					
#	Valor Deducido		TDV	q	CDV
1	21	20	41	2	32
2	21	2	23	1	24
				HDV	32
				PCI	68
				CLASIFICACIÓN	BUENO





MÉTODO PCI											
ÍNDICE DE CONDICIONAL DEL PAVIMENTO EN VÍAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE											
HOJA DE REGISTRO						Tramo:			Daniel Alvarado -Miguel Vélez (Bomberos)		
Nombre de la vía:		Av. de las Américas				Sección:	3		Carril:	Derecho	
Ejecutor:		María José Barriga - Jéssica Chaca				Fecha:	6-sep-19		Área (m2):	155	
1. Piel de cocodrilo (m²)		6. Depresión (m²)				11. Parches (m²)			16. Desplazamiento (m²)		
2. Exudación (m²)		7. Fisura de borde (m)				12. Agregado Pulido (m²)			17. Fisura Parabólica o por desplazamiento (m²)		
3. Fisuras en bloque (m²)		8. Fisura de reflexión de junta (m)				13. Baches (unidad)			18. Hinchamiento (m²)		
4. Abultamientos y hundimientos (m)		9. Desnivel carril-berma (m)				14. Cruce de vía férrea (m²)			19. Meteorización (m²)		
5. Corrugación (m²)		10. Fisuras longitudinales y transversal (m)				15. Ahuellamiento (m²)					
FALLA	CANTIDAD					TOTAL		DENSIDAD	VD	VDT	
11L	0,8	0,5	0,96	1,6	0,8	0,8		5,46	3,52	22	37
10M	1,5	0,8	1,5					3,8	2,45	15	
									m	8,16	
									q	2	

Tabla 104. Cálculo del PCI del tramo Daniel Alvarado – Miguel Vélez (Bomberos), sección 3, carril derecho.

CÁLCULO DEL PCI					
#	Valor Deducido		TDV	q	CDV
1	22	15	37	2	28
2	22	2	24	1	24
				HDV	28
				PCI	72
				CLASIFICACIÓN	BUENO



# Universidad de Cuenca

Tabla 105. Hoja de Registro del tramo Carlos Vega Arízaga – Francisco Aguilar (Feria Libre), sección 1, carril izquierdo.

MÉTODO PCI																					
ÍNDICE DE CONDICIONAL DEL PAVIMENTO EN VÍAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE																					
HOJA DE REGISTRO						Tramo:			Carlos Vega Arizaga-Franciso Aguilar (Feria Libre)												
Nombre de la vía:		Av. de las Américas				Sección:		1		Carril:		Izquierdo									
Ejecutor:		María José Barriga - Jéssica Chaca				Fecha:		4-sep-19		Área (m2):		155									
1. Piel de cocodrilo (m²)			6. Depresión (m²)			11. Parches (m²)			16. Desplazamiento (m²)												
2. Exudación (m²)			7. Fisura de borde (m)			12. Agregado Pulido (m²)			17. Fisura Parabólica o por desplazamiento (m²)												
3. Fisuras en bloque (m²)			8. Fisura de reflexión de junta (m)			13. Baches (unidad)			18. Hinchamiento (m²)												
4. Abultamientos y hundimientos (m)			9. Densivel carril-berma (m)			14. Cruce de vía férrea (m²)			19. Meteorización (m²)												
5. Corrugación (m²)			10. Fisuras longitudinales y transversal (m)			15. Ahuellamiento (m²)															
FALLA		CANTIDAD						TOTAL		DENSIDAD		VD		VDT							
11M		6		2		1		2,8						11,8		7,61		28		72	
10M		4		3,1		3,1		3,1		3,1		3,1		38,1		24,58		44			
		3,1		3,1		3,1		3,1		3,1											
														m		6,14					
														q		2					

Tabla 106. Cálculo del PCI del tramo Carlos Vega Arízaga – Francisco Aguilar (Feria Libre), sección 1, carril izquierdo.

CÁLCULO DEL PCI					
#	Valor Deducido		TDV	q	CDV
1	44	28	72	2	52
2	44	2	46	1	46
				HDV	52
				PCI	48
				CLASIFICACIÓN	REGULAR

Tabla 107. Hoja de Registro del tramo Carlos Vega Arízaga – Francisco Aguilar (Feria Libre), sección 1, carril derecho.



MÉTODO PCI													
ÍNDICE DE CONDICIONAL DEL PAVIMENTO EN VÍAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE													
HOJA DE REGISTRO						Tramo:			Carlos Vega Arizaga-Franciso Aguilar (Feria Libre)				
Nombre de la vía:		Av. de las Américas				Sección:	1		Carril:		Derecho		
Ejecutor:		María José Barriga - Jéssica Chaca				Fecha:	4-sep-19		Área (m2):		155		
1. Piel de cocodrilo (m²)			6. Depresión (m²)			11. Parches (m²)			16. Desplazamiento (m²)				
2. Exudación (m²)			7. Fisura de borde (m)			12. Agregado Pulido (m²)			17. Fisura Parabólica o por desplazamiento (m²)				
3. Fisuras en bloque (m²)			8. Fisura de reflexión de junta (m)			13. Baches (unidad)			18. Hinchamiento (m²)				
4. Abultamientos y hundimientos (m)			9. Desnivel carril-berma (m)			14. Cruce de vía férrea (m²)			19. Meteorización (m²)				
5. Corrugación (m²)			10. Fisuras longitudinales y transversal (n			15. Ahuellamiento (m²)							
FALLA		CANTIDAD						TOTAL	DENSIDAD	VD	VDT		
11M		1,5	2	1,4	2,1	1,5			8,5	5,48	22	64	
10M		3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1			34,1		
		3,1	3,1	3,1	3,1								m
											a	2	

Tabla 108. Cálculo del PCI del tramo Carlos Vega Arízaga – Francisco Aguilar (Feria Libre), sección 1, carril derecho

CÁLCULO DEL PCI				
#	Valor Deducido		TDV	q
1	42	11	53	2
2	42	2	44	1

HDV	44
PCI	56
CLASIFICACIÓN	REGULAR



Tabla 109. Hoja de Registro del tramo Carlos Vega Arízaga – Francisco Aguilar (Feria Libre), sección 2, carril izquierdo.

MÉTODO PCI												
ÍNDICE DE CONDICIONAL DEL PAVIMENTO EN VÍAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE												
HOJA DE REGISTRO						Tramo:			Carlos Vega Arizaga-Franciso Aguilar (Feria Libre)			
Nombre de la vía:		Av. de las Américas				Sección:		2		Carril:		Izquierdo
Ejecutor:		María José Barriga - Jéssica Chaca				Fecha:		4-sep-19		Área (m2):		155
1. Piel de cocodrilo (m²)		6. Depresión (m²)				11. Parches (m²)			16. Desplazamiento (m²)			
2. Exudación (m²)		7. Fisura de borde (m)				12. Agregado Pulido (m²)			17. Fisura Parabólica o por desplazamiento (m²)			
3. Fisuras en bloque (m²)		8. Fisura de reflexión de junta (m)				13. Baches (unidad)			18. Hinchamiento (m²)			
4. Abultamientos y hundimientos (m)		9. Desnivel carril-berma (m)				14. Cruce de vía férrea (m²)			19. Meteorización (m²)			
5. Corrugación (m²)		10. Fisuras longitudinales y transversal (m)				15. Ahuellamiento (m²)						
FALLA	CANTIDAD							TOTAL	DENSIDAD	VD	VDT	
11M	1,8	1,5						3,3	2,13	16		
10M	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	34,1	22,00			
	3,1	3,1	3,1	3,1			43			59		
										m	6,23	
										q	2	

Tabla 110. Cálculo del PCI del tramo Carlos Vega Arízaga – Francisco Aguilar (Feria Libre), sección 2, carril izquierdo.

CÁLCULO DEL PCI					
#	Valor Deducido		TDV	q	CDV
1	43	16	59	2	42
2	43	2	45	1	46

HDV	46
PCI	54
CLASIFICACIÓN	REGULAR



Tabla 111. Hoja de Registro del tramo Carlos Vega Arízaga – Francisco Aguilar (Feria Libre), sección 2, carril derecho

MÉTODO PCI											
ÍNDICE DE CONDICIONAL DEL PAVIMENTO EN VÍAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE											
HOJA DE REGISTRO						Tramo:		Carlos Vega Arizaga-Franciso Aguilar (Feria Libre)			
Nombre de la vía:		Av. de las Américas				Sección:	2	Carril:		Derecho	
Ejecutor:		María José Barriga - Jéssica Chaca				Fecha:	4-sep-19	Área (m2):		155	
1. Piel de cocodrilo (m²)			6. Depresión (m²)			11. Parches (m²)			16. Desplazamiento (m²)		
2. Exudación (m²)			7. Fisura de borde (m)			12. Agregado Pulido (m²)			17. Fisura Parabólica o por desplazamiento (m²)		
3. Fisuras en bloque (m²)			8. Fisura de reflexión de junta (m)			13. Baches (unidad)			18. Hinchamiento (m²)		
4. Abultamientos y hundimientos (m)			9. Desnivel carril-berma (m)			14. Cruce de vía férrea (m²)			19. Meteorización (m²)		
5. Corrugación (m²)			10. Fisuras longitudinales y transversal (m)			15. Ahuellamiento (m²)					
FALLA		CANTIDAD						TOTAL	DENSIDAD	VD	VDT
11M	3	1,5	1					5,5	3,55	20	63
10M	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	34,1	22,00	43	
	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1					m	
										a	2

Tabla 112. Cálculo del PCI del tramo Carlos Vega Arízaga – Francisco Aguilar (Feria Libre), sección 2, carril derecho

CÁLCULO DEL PCI					
#	Valor Deducido		TDV	q	CDV
1	43	20	63	2	46
2	43	2	45	1	46

HDV	46
PCI	54
CLASIFICACIÓN	REGULAR



Tabla 113. Hoja de Registro del tramo Carlos Vega Arízaga – Francisco Aguilar (Feria Libre), sección 3, carril izquierdo.

MÉTODO PCI													
ÍNDICE DE CONDICIONAL DEL PAVIMENTO EN VÍAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE													
HOJA DE REGISTRO						Tramo:			Carlos Vega Arizaga-Franciso Aguilar (Feria Libre)				
Nombre de la vía:		Av. de las Américas				Sección:		3		Carril:		Izquierdo	
Ejecutor:		María José Barriga - Jéssica Chaca				Fecha:		4-sep-19		Área (m2):		155	
1. Piel de cocodrilo (m²)			6. Depresión (m²)			11. Parches (m²)			16. Desplazamiento (m²)				
2. Exudación (m²)			7. Fisura de borde (m)			12. Agregado Pulido (m²)			17. Fisura Parabólica o por desplazamiento (m²)				
3. Fisuras en bloque (m²)			8. Fisura de reflexión de junta (m)			13. Baches (unidad)			18. Hinchamiento (m²)				
4. Abultamientos y hundimientos (m)			9. Desnivel carril-berma (m)			14. Cruce de vía férrea (m²)			19. Meteorización (m²)				
5. Corrugación (m²)			10. Fisuras longitudinales y transversal (m)			15. Ahuellamiento (m²)							
FALLA	CANTIDAD						TOTAL		DENSIDAD	VD	VDT		
11M	1,8	0,98	2,8	1,4				6,98	4,50	22			
10M	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1		3,1	34,1	22,00	43	65		
	3,1	3,1	3,1	3,1						m	6,23		
										q	2		

Tabla 114. Cálculo del PCI del tramo Carlos Vega Arízaga – Francisco Aguilar (Feria Libre), sección 3, carril izquierdo.

CÁLCULO DEL PCI					
#	Valor Deducido		TDV	q	CDV
1	43	22	65	2	46
2	43	2	45	1	46

HDV	46
PCI	54
CLASIFICACIÓN	REGULAR



Tabla 115. Hoja de Registro del tramo Carlos Vega Arízaga – Francisco Aguilar (Feria Libre), sección 3, carril derecho.

MÉTODO PCI															
ÍNDICE DE CONDICIONAL DEL PAVIMENTO EN VÍAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE															
HOJA DE REGISTRO						Tramo:			Carlos Vega Arizaga-Franciso Aguilar (Feria Libre)						
Nombre de la vía:		Av. de las Américas				Sección:		3		Carril:		Derecho			
Ejecutor:		María José Barriga - Jéssica Chaca				Fecha:		4-sep-19		Área (m2):		155			
1. Piel de cocodrilo (m²)			6. Depresión (m²)			11. Parches (m²)			16. Desplazamiento (m²)						
2. Exudación (m²)			7. Fisura de borde (m)			12. Agregado Pulido (m²)			17. Fisura Parabólica o por desplazamiento (m²)						
3. Fisuras en bloque (m²)			8. Fisura de reflexión de junta (m)			13. Baches (unidad)			18. Hinchamiento (m²)						
4. Abultamientos y hundimientos (m)			9. Deseivel carril-berma (m)			14. Cruce de vía férrea (m²)			19. Meteorización (m²)						
5. Corrugación (m²)			10. Fisuras longitudinales y transversal (m)			15. Ahuellamiento (m²)									
FALLA		CANTIDAD						TOTAL		DENSIDAD		VD		VDT	
11M		1,25		3,3						4,55		2,94		18	
10M		3,1		3,1		3,1		3,1		3,1		3,1			
		3,1		3,1		3,1		3,1		3,1		3,1			
												m		61	
												g		2	

Tabla 116. Cálculo del PCI del tramo Carlos Vega Arízaga – Francisco Aguilar (Feria Libre), sección 3, carril derecho.

CÁLCULO DEL PCI					
#	Valor Deducido		TDV	q	CDV
1	43	18	61	2	44
2	43	2	45	1	46

HDV	46
PCI	54
CLASIFICACIÓN	REGULAR





# Universidad de Cuenca

Tabla 117. Hoja de Registro del tramo Carlos Vega Arízaga – Francisco Aguilar (Feria Libre), sección 4, carril izquierdo.

MÉTODO PCI												
ÍNDICE DE CONDICIONAL DEL PAVIMENTO EN VÍAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE												
HOJA DE REGISTRO						Tramo:			Carlos Vega Arizaga-Franciso Aguilar (Feria Libre)			
Nombre de la vía:		Av. de las Américas				Sección:	4		Carril:	Izquierdo		
Ejecutor:		María José Barriga - Jéssica Chaca				Fecha:	4-sep-19		Área (m2):	155		
1. Piel de cocodrilo (m²)			6. Depresión (m²)			11. Parches (m²)			16. Desplazamiento (m²)			
2. Exudación (m²)			7. Fisura de borde (m)			12. Agregado Pulido (m²)			17. Fisura Parabólica o por desplazamiento (m²)			
3. Fisuras en bloque (m²)			8. Fisura de reflexión de junta (m)			13. Baches (unidad)			18. Hinchamiento (m²)			
4. Abultamientos y hundimientos (m)			9. Desnivel carril-berma (m)			14. Cruce de vía férrea (m²)			19. Meteorización (m²)			
5. Corrugación (m²)			10. Fisuras longitudinales y transversal (m)			15. Ahuellamiento (m²)						
FALLA	CANTIDAD					TOTAL		DENSIDAD	VD	VDT		
11M	4,2	1,5	4,5					10,2	6,58	28	71	
10M	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	34,1	22,00	43		
	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1							
										m	6,23	
										q	2	

Tabla 118. Cálculo del PCI del tramo Carlos Vega Arízaga – Francisco Aguilar (Feria Libre), sección 4, carril izquierdo.

CÁLCULO DEL PCI					
#	Valor Deducido		TDV	q	CDV
1	43	28	71	2	52
2	43	2	45	1	46

HDV	52
PCI	48
CLASIFICACIÓN	REGULAR



Tabla 119. Hoja de Registro del tramo Carlos Vega Arízaga – Francisco Aguilar (Feria Libre), sección 4, carril derecho

MÉTODO PCI																	
ÍNDICE DE CONDICIONAL DEL PAVIMENTO EN VÍAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE																	
HOJA DE REGISTRO						Tramo:			Carlos Vega Arizaga-Franciso Aguilar (Feria Libre)								
Nombre de la vía:		Av. de las Américas				Sección:		4		Carril: <td colspan="2">Derecho</td>		Derecho					
Ejecutor:		María José Barriga - Jéssica Chaca				Fecha:		4-sep-19		Área (m2):		155					
1. Piel de cocodrilo (m²)			6. Depresión (m²)			11. Parches (m²)			16. Desplazamiento (m²)								
2. Exudación (m²)			7. Fisura de borde (m)			12. Agregado Pulido (m²)			17. Fisura Parabólica o por desplazamiento (m²)								
3. Fisuras en bloque (m²)			8. Fisura de reflexión de junta (m)			13. Baches (unidad)			18. Hinchamiento (m²)								
4. Abultamientos y hundimientos (m)			9. Deseñivel carril-berma (m)			14. Cruce de vía férrea (m²)			19. Meteorización (m²)								
5. Corrugación (m²)			10. Fisuras longitudinales y transversal (m)			15. Ahuellamiento (m²)											
FALLA		CANTIDAD						TOTAL		DENSIDAD		VD		VDT			
11M		1,3		1,5		3				5,8		3,74		21		64	
10M		3,1		3,1		3,1		3,1		3,1		3,1		43			
		3,1		3,1		3,1		3,1		34,1		22,00		m			
												q		2			

Tabla 120. Cálculo del PCI del tramo Carlos Vega Arízaga – Francisco Aguilar (Feria Libre), sección 4, carril derecho

CÁLCULO DEL PCI					
#	Valor Deducido		TDV	q	CDV
1	43	21	64	2	46
2	43	2	45	1	46

HDV	46
PCI	54
CLASIFICACIÓN	REGULAR



## Anexo 5. Resultados de Rugosidad con mira y nivel para los diferentes tramos de análisis.

Tabla 121. IRI mira y nivel de Av. González Suárez.

González Suárez						
Carril	Izquierdo (m/Km)		Centro (m/Km)		Derecho (m/Km)	
Eje	Izquierdo	Derecho	Izquierdo	Derecho	Izquierdo	Derecho
Sentido EO	6,34	6,85	6,24	6,43	6,65	6,98
	6,59		6,34		6,82	
Sentido OE	6,82	6,89	6,48	6,69	6,59	6,79
	6,86		6,59		6,69	

Tabla 122. IRI mira y nivel de Parque Miraflores.

Parque Miraflores						
Carril	Izquierdo (m/Km)		Centro (m/Km)		Derecho (m/Km)	
Eje	Izquierdo	Derecho	Izquierdo	Derecho	Izquierdo	Derecho
Punto 1	6,42	6,28	5,46	5,68	6,58	6,34
	6,35		5,57		6,46	
Punto 2	6,22	6,29	5,99	5,97	5,97	6,02
	6,26		5,98		6,00	

Tabla 123. IRI mira y nivel de Daniel Alvarado – Miguel Vélez (Bomberos).

<b>Daniel Alvarado -Miguel Vélez (Bomberos)</b>
---



<b>Carril</b>	<b>Izquierdo (m/Km)</b>		<b>Centro (m/Km)</b>		<b>Derecho (m/Km)</b>	
<b>Eje</b>	<b>Izquierdo</b>	<b>Derecho</b>	<b>Izquierdo</b>	<b>Derecho</b>	<b>Izquierdo</b>	<b>Derecho</b>
<b>Punto 1</b>	5,99	6,13	5,60	5,66	4,76	4,90
	6,06		5,63		4,83	
<b>Punto 2</b>	5,22	5,30	5,73	5,90	5,90	5,96
	5,26		5,82		5,93	
<b>Punto 3</b>	6,90	7,05	7,08	7,15	6,29	6,21
	6,98		7,12		6,25	

Tabla 124. IRI mira y nivel de Carlos Vega Arízaga – Francisco Aguilar (Feria Libre).

<b>Carlos Vega Arízaga-Francisco Aguilar (Feria Libre)</b>				
<b>Carril</b>	<b>Izquierdo (m/Km)</b>		<b>Centro (m/Km)</b>	
<b>Eje</b>	<b>Izquierdo</b>	<b>Derecho</b>	<b>Izquierdo</b>	<b>Derecho</b>
<b>Punto 1</b>	6,32	6,11	5,86	5,92
	6,22		5,89	
<b>Punto 2</b>	6,32	6,42	7,64	7,55
	6,37		7,59	
<b>Punto 3</b>	5,91	5,95	5,64	5,78
	5,93		5,71	

## Anexo 5. Resultados de IRI estimado, calculado y real.

Tabla 125. Resultados de IRI de Av. González Suárez.

<b>GonzálezSuárez EO</b>									
<b>Sección (m)</b>	<b>Carril Izquierdo</b>			<b>Carril Centro</b>			<b>Carril Derecho</b>		
	<b>eIRI(m/km)</b>	<b>clRI(m/km)</b>	<b>IRI(m/km)</b>	<b>eIRI(m/km)</b>	<b>clRI(m/km)</b>	<b>IRI(m/km)</b>	<b>eIRI(m/km)</b>	<b>clRI(m/km)</b>	<b>IRI(m/km)</b>
5	6,45	6,10	6,35	6,20	5,71	6,12	6,60	5,61	6,05
10	6,45	6,10	6,35	6,20	5,71	6,12	6,60	5,61	6,05
15	6,45	6,10	6,35	6,20	5,71	6,12	6,60	5,61	6,05
20	6,45	6,10	6,35	6,28	5,79	6,16	6,34	5,39	5,92
25	6,45	6,09	6,34	6,28	5,79	6,16	6,34	5,39	5,92
30	6,45	6,09	6,34	6,28	5,79	6,16	6,34	5,39	5,92
35	6,45	6,09	6,34	6,28	5,79	6,16	6,34	5,39	5,92
40	6,44	6,09	6,34	6,27	5,78	6,16	6,32	5,37	5,91
45	6,44	6,09	6,34	6,27	5,78	6,16	6,32	5,37	5,91
50	6,44	6,09	6,34	6,27	5,78	6,16	6,32	5,37	5,91
<b>Promedio</b>	<b>6,45</b>	<b>6,09</b>	<b>6,35</b>	<b>6,25</b>	<b>5,76</b>	<b>6,15</b>	<b>6,41</b>	<b>5,45</b>	<b>5,96</b>
<b>González Suárez OE</b>									
5	6,14	5,90	6,23	5,95	5,47	5,97	5,67	5,12	5,75
10	6,14	5,90	6,23	5,98	5,50	5,99	5,67	5,12	5,75
15	6,14	5,90	6,23	5,98	5,50	5,99	5,67	5,12	5,75
20	5,98	5,75	6,14	5,98	5,50	5,99	5,48	4,95	5,64
25	5,98	5,75	6,14	5,98	5,50	5,99	5,48	4,95	5,64
30	5,98	5,75	6,14	6,04	5,55	6,02	5,48	4,95	5,64
35	5,84	5,61	6,05	6,04	5,55	6,02	5,38	4,86	5,58
40	5,84	5,61	6,05	6,04	5,55	6,02	5,38	4,86	5,58
45	5,84	5,61	6,05	6,04	5,55	6,02	5,38	4,86	5,58
50	5,84	5,61	6,05	6,09	5,60	6,05	5,35	4,83	5,57
<b>Promedio</b>	<b>5,97</b>	<b>5,74</b>	<b>6,13</b>	<b>6,01</b>	<b>5,53</b>	<b>6,01</b>	<b>5,50</b>	<b>4,96</b>	<b>5,65</b>



Tabla 126. Resultados de IRI de Parque Jacaranda.

Parque Jacaranda -Sección 1									
Sección (m)	Carril Izquierdo			Carril Centro			Carril Derecho		
	eIRI(m/km)	clRI(m/km)	IRI(m/km)	eIRI(m/km)	clRI(m/km)	IRI(m/km)	eIRI(m/km)	clRI(m/km)	IRI(m/km)
5	5,57	6,19	6,40	4,96	5,04	5,70	4,96	4,99	5,67
10	5,57	6,19	6,40	4,96	5,04	5,70	5,20	5,23	5,82
15	5,57	6,19	6,40	4,96	5,04	5,70	5,20	5,23	5,82
20	5,70	6,33	6,48	5,25	5,34	5,89	5,20	5,23	5,82
25	5,70	6,33	6,48	5,25	5,34	5,89	5,20	5,23	5,82
30	5,70	6,33	6,48	5,25	5,34	5,89	5,30	5,33	5,88
35	5,70	6,33	6,48	5,25	5,34	5,89	5,30	5,33	5,88
40	5,82	6,47	6,56	5,47	5,57	6,03	5,30	5,33	5,88
45	5,82	6,47	6,56	5,47	5,57	6,03	5,48	5,51	6,00
50	5,82	6,47	6,56	5,47	5,57	6,03	5,48	5,51	6,00
Promedio	5,70	6,33	6,48	5,23	5,32	5,88	5,26	5,29	5,86
Parque Jacaranda -Sección 2									
5	6,26	6,96	6,84	6,15	6,26	6,44	6,11	6,15	6,38
10	6,26	6,96	6,84	6,15	6,26	6,44	6,11	6,15	6,38
15	6,26	6,96	6,84	6,15	6,26	6,44	6,11	6,15	6,38
20	6,26	6,96	6,84	6,28	6,39	6,52	6,11	6,15	6,38
25	6,28	6,98	6,85	6,28	6,39	6,52	6,11	6,15	6,38
30	6,28	6,98	6,85	6,28	6,39	6,52	6,19	6,23	6,42
35	6,28	6,98	6,85	6,28	6,39	6,52	6,19	6,23	6,42
40	6,28	6,98	6,85	6,28	6,39	6,52	6,19	6,23	6,42
45	6,24	6,94	6,83	6,46	6,58	6,62	6,19	6,23	6,42
50	6,24	6,94	6,83	6,46	6,58	6,62	6,35	6,39	6,52
Promedio	6,26	6,96	6,84	6,28	6,39	6,52	6,16	6,20	6,41
Parque Jacaranda -Sección 3									
5	5,88	6,53	6,60	6,77	6,89	6,80	6,57	6,61	6,64
10	5,88	6,53	6,60	6,77	6,89	6,80	6,50	6,54	6,60
15	5,88	6,53	6,60	6,77	6,89	6,80	6,50	6,54	6,60
20	5,75	6,39	6,52	6,77	6,89	6,80	6,50	6,54	6,60
25	5,75	6,39	6,52	6,77	6,89	6,80	6,50	6,54	6,60
30	5,75	6,39	6,52	6,64	6,75	6,72	6,44	6,48	6,57
35	5,75	6,39	6,52	6,64	6,75	6,72	6,44	6,48	6,57
40	5,48	6,09	6,34	6,64	6,75	6,72	6,44	6,48	6,57
45	5,48	6,09	6,34	6,64	6,75	6,72	6,44	6,48	6,57
50	5,48	6,09	6,34	6,46	6,58	6,62	6,35	6,39	6,52
Promedio	5,71	6,34	6,49	6,69	6,81	6,75	6,47	6,51	6,58

Tabla 127. Resultados de IRI de Parque Miraflores.

Parque Miraflores -Sección 1									
Sección (m)	Carril Izquierdo			Carril Centro			Carril Derecho		
	eIRI(m/km)	clRI(m/km)	IRI(m/km)	eIRI(m/km)	clRI(m/km)	IRI(m/km)	eIRI(m/km)	clRI(m/km)	IRI(m/km)
5	5,80	6,19	6,40	5,64	6,42	6,53	5,29	6,15	6,38
10	5,80	6,19	6,40	5,50	6,26	6,44	5,29	6,15	6,38
15	5,80	6,19	6,40	5,50	6,26	6,44	5,29	6,15	6,38
20	6,13	6,54	6,60	5,50	6,26	6,44	5,29	6,15	6,38
25	5,80	6,19	6,40	5,57	6,34	6,49	5,31	6,17	6,39
30	5,80	6,19	6,40	5,50	6,26	6,44	5,31	6,17	6,39
35	5,80	6,19	6,40	5,50	6,26	6,44	5,31	6,17	6,39
40	6,03	6,43	6,54	5,50	6,26	6,44	5,27	6,13	6,37
45	5,80	6,19	6,40	5,50	6,26	6,44	5,27	6,13	6,37
50	5,80	6,19	6,40	5,50	6,26	6,44	5,27	6,13	6,37
Promedio	5,86	6,25	6,44	5,52	6,28	6,46	5,29	6,15	6,38
Parque Miraflores -Sección 2									
5	5,80	6,19	6,40	5,41	6,16	6,38	5,23	6,08	6,33
10	5,80	6,19	6,40	5,50	6,26	6,44	5,18	6,02	6,30
15	5,90	6,30	6,47	5,50	6,26	6,44	5,18	6,02	6,30
20	5,80	6,19	6,40	5,50	6,26	6,44	5,18	6,02	6,30
25	5,80	6,19	6,40	5,35	6,09	6,34	5,18	6,02	6,30
30	5,80	6,19	6,40	5,50	6,26	6,44	5,06	5,88	6,22
35	5,82	6,22	6,42	5,50	6,26	6,44	5,06	5,88	6,22
40	5,80	6,19	6,40	5,34	6,08	6,34	5,06	5,88	6,22
45	5,80	6,19	6,40	5,50	6,26	6,44	4,91	5,71	6,12
50	5,80	6,19	6,40	5,50	6,26	6,44	4,91	5,71	6,12
Promedio	5,81	6,20	6,41	5,46	6,22	6,42	5,09	5,92	6,24
Parque Miraflores -Sección 3									
5	5,80	6,19	6,40	6,77	6,89	6,80	4,91	5,71	6,12
10	5,80	6,19	6,40	6,77	6,89	6,80	4,71	5,48	5,98
15	5,66	6,05	6,32	6,77	6,89	6,80	4,71	5,48	5,98
20	5,80	6,19	6,40	6,77	6,89	6,80	4,71	5,48	5,98
25	5,80	6,19	6,40	6,77	6,89	6,80	4,53	5,26	5,84
30	5,68	6,06	6,33	6,64	6,75	6,72	4,53	5,26	5,84
35	5,80	6,19	6,40	6,64	6,75	6,72	4,53	5,26	5,84
40	5,80	6,19	6,40	6,64	6,75	6,72	4,31	5,01	5,68
45	5,80	6,19	6,40	6,64	6,75	6,72	4,31	5,01	5,68
50	5,80	6,19	6,40	6,46	6,58	6,62	4,31	5,01	5,68
Promedio	5,77	6,16	6,39	6,69	6,81	6,75	4,56	5,30	5,86



Tabla 128. Resultados de IRI de Daniel Alvarado – Miguel Vélez (Bomberos)

Daniel Alvarado -Miguel Vélez (Bomberos) -Sección 1									
Sección (m)	Carril Izquierdo			Carril Centro			Carril Derecho		
	eIRI(m/km)	clRI(m/km)	IRI(m/km)	eIRI(m/km)	clRI(m/km)	IRI(m/km)	eIRI(m/km)	clRI(m/km)	IRI(m/km)
5	5,33	4,97	5,66	5,17	5,06	5,71	5,71	4,91	5,62
10	5,33	4,97	5,66	5,17	5,06	5,71	5,48	4,71	5,49
15	5,33	4,97	5,66	5,17	5,06	5,71	5,48	4,71	5,49
20	5,33	4,97	5,66	5,23	5,11	5,75	5,48	4,71	5,49
25	5,26	4,91	5,62	5,23	5,11	5,75	5,26	4,53	5,37
30	5,26	4,91	5,62	5,23	5,11	5,75	5,26	4,53	5,37
35	5,26	4,91	5,62	5,23	5,11	5,75	5,26	4,53	5,37
40	5,26	4,91	5,62	5,30	5,18	5,79	5,01	4,31	5,22
45	5,19	4,84	5,57	5,30	5,18	5,79	5,01	4,31	5,22
50	5,19	4,84	5,57	5,30	5,18	5,79	5,01	4,31	5,22
Promedio	5,28	4,92	5,62	5,23	5,12	5,75	5,30	4,56	5,39
Daniel Alvarado -Miguel Vélez (Bomberos) -Sección 2									
5	4,96	4,62	5,43	5,49	5,38	5,91	5,71	4,91	5,62
10	4,96	4,62	5,43	5,49	5,38	5,91	5,48	4,71	5,49
15	4,96	4,62	5,43	5,49	5,38	5,91	5,48	4,71	5,49
20	4,89	4,56	5,39	5,49	5,38	5,91	5,48	4,71	5,49
25	4,89	4,56	5,39	5,59	5,47	5,97	5,26	4,53	5,37
30	4,89	4,56	5,39	5,59	5,47	5,97	5,26	4,53	5,37
35	4,89	4,56	5,39	5,59	5,47	5,97	5,26	4,53	5,37
40	4,89	4,56	5,39	5,59	5,47	5,97	5,01	4,31	5,22
45	4,89	4,56	5,39	5,65	5,53	6,01	5,01	4,31	5,22
50	4,89	4,56	5,39	5,65	5,53	6,01	5,01	4,31	5,22
Promedio	4,91	4,58	5,40	5,57	5,45	5,95	5,30	4,56	5,39
Daniel Alvarado -Miguel Vélez (Bomberos) -Sección 3									
5	4,71	4,39	5,27	5,81	5,68	6,10	5,71	4,91	5,62
10	4,71	4,39	5,27	5,81	5,68	6,10	5,48	4,71	5,49
15	4,71	4,39	5,27	5,85	5,72	6,12	5,48	4,71	5,49
20	4,71	4,39	5,27	5,85	5,72	6,12	5,48	4,71	5,49
25	4,73	4,41	5,29	5,85	5,72	6,12	5,26	4,53	5,37
30	4,73	4,41	5,29	5,85	5,72	6,12	5,26	4,53	5,37
35	4,73	4,41	5,29	5,88	5,75	6,14	5,26	4,53	5,37
40	4,73	4,41	5,29	5,88	5,75	6,14	5,01	4,31	5,22
45	4,73	4,41	5,29	5,88	5,75	6,14	5,01	4,31	5,22
50	4,73	4,41	5,29	5,88	5,75	6,14	5,01	4,31	5,22
Promedio	4,72	4,40	5,28	5,85	5,73	6,13	5,30	4,56	5,39
Daniel Alvarado -Miguel Vélez (Bomberos) -Sección 4									
5	4,66	4,35	5,25	5,93	5,80	6,17	5,71	4,91	5,62
10	4,66	4,35	5,25	5,93	5,80	6,17	5,48	4,71	5,49
15	4,65	4,34	5,24	5,93	5,80	6,17	5,48	4,71	5,49
20	4,65	4,34	5,24	5,95	5,82	6,18	5,48	4,71	5,49
25	4,65	4,34	5,24	5,95	5,82	6,18	5,26	4,53	5,37
30	4,65	4,34	5,24	5,95	5,82	6,18	5,26	4,53	5,37
35	4,63	4,32	5,23	5,95	5,82	6,18	5,26	4,53	5,37
40	4,63	4,32	5,23	5,93	5,80	6,17	5,01	4,31	5,22
45	4,63	4,32	5,23	5,93	5,80	6,17	5,01	4,31	5,22
50	4,63	4,32	5,23	5,93	5,80	6,17	5,01	4,31	5,22
Promedio	4,65	4,33	5,23	5,94	5,81	6,18	5,30	4,56	5,39



Tabla 129. Resultados de IRI de Carlos Vega Arízaga – Francisco Aguilar (Feria Libre).

Carlos Vega Arízaga-Francisco Aguilar (Feria Libre) -Sección 1						
Sección (m)	Carril izquierdo			Carril Derecho		
	eIRI(m/km)	clIRI(m/km)	IRI(m/km)	eIRI(m/km)	clIRI(m/km)	IRI(m/km)
5	5,64	5,76	6,15	5,20	4,43	5,30
10	5,64	5,76	6,15	5,20	4,43	5,30
15	5,64	5,76	6,15	5,20	4,43	5,30
20	5,64	5,76	6,15	5,25	4,48	5,33
25	5,71	5,84	6,19	5,25	4,48	5,33
30	5,71	5,84	6,19	5,25	4,48	5,33
35	5,71	5,84	6,19	5,33	4,54	5,37
40	5,71	5,84	6,19	5,33	4,54	5,37
45	5,78	5,91	6,24	5,33	4,54	5,37
50	5,78	5,91	6,24	5,33	4,54	5,37
Promedio	5,70	5,82	6,18	5,27	4,49	5,34
Carlos Vega Arízaga-Francisco Aguilar (Feria Libre) -Sección 2						
5	5,83	5,96	6,27	5,53	4,71	5,49
10	5,83	5,96	6,27	5,53	4,71	5,49
15	5,87	6,00	6,29	5,53	4,71	5,49
20	5,87	6,00	6,29	5,59	4,76	5,52
25	5,87	6,00	6,29	5,59	4,76	5,52
30	5,87	6,00	6,29	5,59	4,76	5,52
35	5,90	6,03	6,31	5,59	4,76	5,52
40	5,90	6,03	6,31	5,60	4,77	5,53
45	5,90	6,03	6,31	5,60	4,77	5,53
50	5,90	6,03	6,31	5,60	4,77	5,53
Promedio	5,88	6,01	6,29	5,57	4,75	5,51
Carlos Vega Arízaga-Francisco Aguilar (Feria Libre) -Sección 3						
5	5,94	6,07	6,33	5,65	4,81	5,55
10	5,96	6,09	6,34	5,62	4,79	5,54
15	5,96	6,09	6,34	5,62	4,79	5,54
20	5,96	6,09	6,34	5,62	4,79	5,54
25	5,96	6,09	6,34	5,63	4,79	5,54
30	6,01	6,14	6,37	5,63	4,79	5,54
35	6,01	6,14	6,37	5,63	4,79	5,54
40	6,01	6,14	6,37	5,63	4,79	5,54
45	6,01	6,14	6,37	5,68	4,84	5,57
50	6,03	6,17	6,39	5,68	4,84	5,57
Promedio	5,99	6,12	6,36	5,64	4,80	5,55
Carlos Vega Arízaga-Francisco Aguilar (Feria Libre) -Sección 4						
5	5,62	5,74	6,13	5,57	4,75	5,51
10	5,62	5,74	6,13	5,48	4,67	5,46
15	5,22	5,33	5,89	5,48	4,67	5,46
20	5,22	5,33	5,89	5,48	4,67	5,46
25	5,22	5,33	5,89	5,42	4,62	5,43
30	4,82	4,92	5,62	5,42	4,62	5,43
35	4,82	4,92	5,62	5,42	4,62	5,43
40	4,82	4,92	5,62	5,42	4,62	5,43
45	4,37	4,46	5,32	5,49	4,68	5,47
50	4,37	4,46	5,32	5,49	4,68	5,47
Promedio	5,01	5,12	5,74	5,47	4,66	5,45

## Anexos 6. Resultados de Macrotextura en las diferentes zonas críticas.

Tabla 130. Macrotextura de González Suárez.

González Suárez							
Sección	Medida	Diámetro (cm)				Diámetro	MTD
	Carril	1	2	3	4	(cm)	(mm)
EO	Derecho	17,25	17,50	17,25	17,00	17,25	1,3
	Izquierdo	18,00	17,75	16,75	17,00	17,38	1,2
OE	Derecho	17,75	18,25	18,00	19,00	18,25	1,1
	Izquierdo	16,75	18,50	17,50	17,75	17,63	1,2



Tabla 131. Macrotextura de Parque Jacaranda.

Parque Jacaranda							
Sección	Medida	Diámetro (cm)				Diámetro (cm)	MTD (mm)
	Carril	1	2	3	4		
1	Derecho	41,50	48,00	40,50	33,75	40,94	0,2
	Izquierdo	43,25	40,50	43,75	47,25	43,69	0,2
2	Derecho	35,25	33,25	35,00	34,25	34,44	0,3
	Izquierdo	37,75	35,50	42,50	45,25	40,25	0,2
3	Derecho	36,50	40,75	40,75	39,50	39,38	0,2
	Izquierdo	41,25	44,50	41,25	39,50	41,63	0,2

Tabla 132. Macrotextura de Parque Miraflores.

Parque Miraflores							
Sección	Medida	Diámetro (cm)				Diámetro (cm)	MTD (mm)
	Carril	1	2	3	4		
1	Derecho	23,25	24,25	24,00	23,25	23,69	0,7
	Izquierdo	27,00	29,25	29,75	29,00	28,75	0,5
2	Derecho	24,00	26,50	27,50	27,00	26,25	0,6
	Izquierdo	24,50	26,25	25,25	26,50	25,63	0,6
3	Derecho	25,25	27,00	25,00	27,00	26,06	0,6
	Izquierdo	29,50	27,75	28,50	27,75	28,38	0,5

Tabla 133. Macrotextura de Daniel Alvarado – Miguel Vélez (Bomberos).

Daniel Alvarado - Miguel Vélez (Bomberos)							
Sección	Medida	Diámetro (cm)				Diámetro (cm)	MTD (mm)
	Carril	1	2	3	4		
1	Derecho	17,50	18,50	18,75	18,50	17,94	1,2
	Izquierdo	19,50	19,75	19,50	19,75	19,63	1,0
2	Derecho	23,50	24,00	24,25	23,75	23,88	0,7
	Izquierdo	30,00	29,75	28,50	29,25	29,38	0,4
3	Derecho	21,50	22,50	23,50	24,25	22,94	0,7
	Izquierdo	22,50	22,75	22,50	22,50	22,56	0,8
4	Derecho	27,75	25,75	27,75	27,50	27,19	0,5
	Izquierdo	25,75	25,75	25,25	27,25	26,00	0,6



Carlos Vega Arízaga - Francisco Aguilar (Feria Libre)							
Sección	Medida	Diámetro (cm)				Diámetro (cm)	MTD (mm)
	Carril	1	2	3	4		
1	Derecho	33,50	33,38	32,50	35,50	34,00	0,3
	Izquierdo	25,50	28,00	29,00	26,50	27,00	0,5
2	Derecho	36,75	35,50	35,25	37,00	36,00	0,3
	Izquierdo	26,75	28,00	28,00	27,50	28,00	0,5
3	Derecho	40,25	37,00	38,75	40,00	39,00	0,3
	Izquierdo	28,50	30,00	27,50	30,50	29,00	0,5
4	Derecho	39,25	38,00	38,25	39,25	39,00	0,3
	Izquierdo	28,25	29,00	28,00	29,75	29,00	0,5

